

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПОПОВ СТАНІСЛАВ ЮРІЙОВИЧ

УДК 656.13.05

ДИСЕРТАЦІЯ

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО
ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО
КОРИСТУВАННЯ**

05.22.01 – транспортні системи

Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних
досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів
інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.


С.Ю. Попов

Науковий керівник -
Поліщук Володимир Петрович
доктор технічних наук,
професор

Ідентичність усіх примірників дисертації

Засвідчую

Вчений секретар

докторської ради Д 26.059.02


О.Ю. Усиченко

Київ 2024

АНОТАЦІЯ

Попов С.Ю. Підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 “Транспортні системи”. – Національний транспортний університет, Київ, 2024.

Обґрунтовано актуальність обраної теми та представлено нове рішення актуального питання; окреслено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету й задачі дослідження; визначено об'єкт, предмет і методи дослідження; висвітлено наукову новизну, наукове, теоретичне і практичне значення отриманих результатів; розкрито особистий внесок здобувача; наведено публікації. Запропоновано рішення актуального питання з оцінки та підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Транспортні засоби здійснюють рух здебільшого автомобільними дорогами загального користування з двома та чотирма смугами руху. На автомобільних дорогах загального користування з чотирма смугами руху відсутні перешкоди у русі, формуються значні швидкості, та відбуваються ДТП з маршрутними транспортними засобами.

Кількість постраждалих та загиблих на одну ДТП з пасажирським маршрутним транспортним засобом суттєво відрізняється в більшу сторону від інших ДТП. Вказані ДТП в умовах значних швидкостей руху на автомобільних дорогах загального користування мають максимальну тяжкість.

Рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту опосередковано враховується тільки при організації маршруту. Методики розрахунку рівня безпеки або методики організації маршруту, що

враховують рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту не існує. З урахуванням статистики ДТП та відповідних показників тяжкості постає задача з розробки методу оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Відповідно до запропонованої задачі сформульовані відповідні об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження.

Структура формування безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту має бути відображена у цільовій функції безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Конфліктні ситуації з пасажирськими маршрутними транспортними засобами в транспортному потоці можливо оцінювати, як кількість транспортних засобів, що рухаються за маршрутним транспортним засобом з більшою величиною швидкості руху.

Для кожного рівня аналізу транспортного потоку формулюються характеристики рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів в умовах взаємодії з транспортними засобами потоку. Описати ДТП з пасажирським маршрутним транспортом, як відхилення характеристик руху та аналогічних характеристик руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

Розроблені закономірності впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування на основі теорії транспортного потоку.

Вплив пасажирського маршрутного транспорту на зміну характеристик транспортного потоку визначає рівень безпеки дорожнього руху.

Отримані умови безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування у частках одиниці. Враховано, що скоєння ДТП одночасно відображається на трьох рівнях аналізу транспортного потоку. Узагальнені характеристики безпеки

руху пасажирського маршрутного транспорту зведені у цільову функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Наближення значення цільової функції до одиниці вказує на підвищення рівня безпеки руху, наближення значення цільової функції до нуля – вказує на зменшення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту у складі транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування.

Розроблена методика підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування з урахуванням закономірностей теорії транспортного потоку.

Об'єкт експериментального дослідження – ділянка автомобільної дороги загального користування М-30 Стрий – Тернопіль – Кропивницький – Знам'янка – Луганськ – Ізварине.

Цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту експериментально перевірена та підтверджена на предмет оцінки кількісних та топографічних характеристик аварійності за участю пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування. Теоретичні положення дисертаційної роботи експериментально підтверджені.

На підставі експериментальних досліджень з розрахунку можливості виникнення однієї ДТП за участю транспортного засобу пасажирського маршрутного транспорту була розроблена шкала значень цільової функції.

Розроблена методика застосування цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту дозволяє в оперативному режимі впливати на кінематичні характеристики транспортних потоків з метою забезпечення рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів.

Ключові слова: автомобільна дорога, безпека руху, оцінка безпеки руху, транспортний потік, пасажирський транспорт маршрутний, цільова функція, система управління транспортним потоком.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу, з наукового напрямку:

1. Polishchuk Volodymyr, Popov Stanislav. (2023). Microscopic traffic flow model with influence of passenger transport. *World Science*, 2 (80).

DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30062023/8015.

2. Popov Stanislav. (2024). Traffic flow model with influence of passenger transport. *World Science*, 1 (81). DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30032024/8130.

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Попов, С.Ю. (2007). Формування характеристик безпеки руху маршрутних транспортних засобів в умовах наявних транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*, № 2, 138 – 142. Горлівка: АДІ ДВНЗ “ДонНТУ”. DOI: 10.13140/RG.2.2.18932.97926.

4. Попов, С. Ю. (2012). Характеристики безпеки руху транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, no. 11, 2012, pp. 15 – 20.

DOI: 10.15587/1729-4061.2012.3909.

5. Попов, С. Ю. (2012). Синтез критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах II категорії. *Автошляховик України*, 3 (227), 20 – 24. DOI: 10.13140/RG.2.2.27898.30405.

6. Попов, С. Ю. (2012). Експериментальна перевірка критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах другої категорії. *Автошляховик України*, 5 (229), 19-24. DOI: 10.13140/RG.2.2.12124.60802.

7. Попов, С. Ю. (2013). Technology of traffic control of passenger public transport to provide road safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (62), 65 – 68. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.11720>.

8. Поліщук, В. П., Попов, С. Ю. (2023). Вплив пасажирського маршрутного транспорту на макроскопічні характеристики транспортного потоку. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, 113 (II), 164 – 170. DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-164-170.

9. Polishchuk Volodymyr P., Popov Stanislav (2024). Influence of passenger route transport on traffic safety on the street and road network. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, 115 (I), 41 – 48. DOI: 10.33744/0365-8171-2024-115.1-041-048.

10. Polishchuk V.P., Nahrebelna L.P., Vyhovska I.A., Popov S. Yu. (2024). Applying energy principles to the assessment of road traffic safety. *Вісник Національного транспортного університету*, 58 (I), 133 – 141. DOI: 10.33744/2308-6645-2024-1-58-133-141.

Опублікованні праці апробаційного характеру, препринти:

11. Міжнародна науково-практична конференція „*Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти*”: тези доповідей. 2010 – 2013 р.

12. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету*: тези доповідей. 2016 – 2018, 2023 – 2024 р.

13. Popov, Stanislav, Traffic Control Technology for Public Transport in Order to Provide Traffic Safety (July 10, 2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4505252>.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір:

14. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір №70130 “*Характеристики взаємодії пасажирського маршрутного транспорту з транспортними засобами потоку*” / С.Ю. Попов (Україна). – №70130; зареєстр. 30.01.2017.

15. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір №71090 “*Застосування енергетичних моделей транспортного потоку при оцінці режимів руху*” / С.Ю. Попов, В.І. Єресов, О.В. Григор`єва (Україна). – №71090; зареєстр. 23.03.2017.

16. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір №78141 “*Енергетичний підхід до оцінки умов безпеки дорожнього руху*” / С.Ю. Попов, Єресов В.І. (Україна). – №78141; зареєстр. 06.04.2018.

ABSTRACT

Popov Stanislav. Enhance passenger route traffic safety on public roads. – Manuscript. A qualifying scientific work on the rights of a manuscript. Thesis for a Candidate Degree in Engineering Sciences: Specialty 05.22.01 “Transport systems” (275 Transport technologies (on motor transport)) National Transport University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2024.

The thesis gives reasons for the relevance of the theme chosen; it outlines the connection of the work with scientific programs, plans and topics; it formulates the goal and objectives of the research; it determines the object, the subject and the methods of the research; it highlights scientific novelty as well as scientific, theoretical and practical significance of the results obtained; it reveals the applicant’s personal contribution; it provides a list of publications.

This work deals with accomplishing the first objective of the research. It is determined that passenger route traffic can be divided into traffic by city roads and traffic by country roads. Outside cities vehicles use mostly public roads with two or four lanes. Country roads with four lanes are characterized by the following features: there are no obstacles like crossroads with pedestrian crossings at the same level; traffic ban is applied to certain road users; top speeds can be formed; there are accidents with route vehicles involved.

There is substantial analysis of the statistical data concerning accidents with route vehicles involved on public roads, and the accidents mentioned are characterized by significant severity. The number of people who are injured or die in the result of one road accident with a passenger route vehicle involved is significantly bigger as compared to other kinds of road accidents. The accidents under discussion are characterized by extreme severity in conditions of high speeds on public roads as compared to road sections of other types. All this demonstrates the relevance of the direction that has been chosen for scientific research.

Passenger route traffic safety is indirectly taken into account only when the

route is planned and the indicator is added to the route passport. The information that the route passport provides refers to existing rail crossings and traffic accident areas. These specified elements are entered into the route scheme and are cited as a list. At present there are no tools to calculate the degree of danger; also there are no methods to organize a route that takes into account passenger route traffic safety on route sections as part of the relevant traffic flows. With the existing accidents statistics and corresponding severity indicators taken into account, the scientifically practical objective to develop a method to estimate passenger route traffic safety on public roads is clear. In accordance with the task proposed, the object, the subject, the goal and objectives of the research have been formulated in the thesis.

The research accomplishments to the second objective, namely the research of the regular connection between the potential passenger route traffic safety and the regularities of the energy theory of traffic flow in a single traffic flow.

The structure of requirements for forming passenger route traffic safety should be reflected in the target function of passenger route traffic safety, with every component of the latter having the maximum significance. Conflict intensity of passenger route vehicles in a traffic flow can be estimated as a numeric value of vehicles travel behind a route vehicle with a greater speed. The given phenomenon can be observed at a mesoscopic level of the traffic flow analysis.

For deeper analysis and operational control the problem of traffic safety should be investigated at a micro- and engineering-psychological level of analysis.

For every level of the traffic flow analysis, a theoretical basis for forming traffic safety of passenger route vehicles within their interaction with other vehicles in the traffic flow has been formulated. It has been proposed to reveal negative phenomena which precede road accidents and occur in the traffic flow due to passenger route vehicles traveling at a set speed and at set intervals. These phenomena should be represented as deviations in kinematic characteristics of the

traffic vehicles flow from similar characteristics of the passenger route vehicles flow.

Thus, the following group of values of the traffic flow characteristics with respect to the passenger route traffic flow characteristics has been justified as a theoretical basis of passenger route traffic safety on public roads.

The thesis presents accomplishments to the third objective – there has been developed a method to estimate passenger route traffic safety on public roads with respect to the regularities of the energy theory of traffic flow in a single traffic flow. Also, the regularities of the passenger route traffic influence on the characteristics of the traffic flow on public roads with respect to the regularities of the energy theory of traffic flow in a single traffic flow have been determined.

In accordance with the proposed characteristics of the passenger route traffic influence on the characteristics of the traffic flow, traffic safety characteristics of corresponding transport means have been proposed. The conditions to ensure traffic safety of passenger route vehicles within the traffic flow on public roads have been described in fractions of one and with respect to the fact that the conditions for road accident occurrence as a systemic phenomenon should be reflected at three levels of the traffic flow analysis. Generalized characteristics for each level have been multiplied. The target function of estimating passenger route traffic safety has been provided:

The fact that the target function value is approximately equal to one indicates an increase in traffic safety; the fact that the target function value is approximately equal to zero indicates a decrease in traffic safety of passenger route vehicles within the traffic flow on public roads.

The research presents accomplishments to the fourth objective of the research, namely tools to enhance passenger route traffic safety on public roads with respect to the regularities of the energy theory of traffic flow in a single traffic flow. At the beginning of the section an experimental study of the developed target function of estimating passenger route traffic safety is carried

out. The object of the experimental study is a section of the public road M-30 Stryi – Ternopil – Kropyvnytskyi – Znamianka – Luhansk – Izvaryne. The analysis of the characteristics of the defined road section indicates the compliance with the requirements of the experimental study.

The target function of estimating passenger route traffic safety has been experimentally checked and confirmed with a view to estimating quantitative and topographical characteristics of road accidents involving passenger route transport on public roads. Theoretical propositions of the thesis have been experimentally confirmed.

Based on the experimental studies of the probability of occurrence of one road accident involving a vehicle of passenger route transport, a scale of the target function values has been developed as follows:

$K_m \geq 0,41$ – passenger route traffic safety on public roads within a kilometer is ensured;

$K_m = 0,31...0,4$ – passenger route traffic safety on public roads within a kilometer is insufficiently ensured;

$K_m \leq 0,3$ – passenger route traffic safety on public roads within a kilometer is not ensured.

The developed technology of applying the target function of the passenger route traffic safety can be used when designing new routes or improving the existing ones.

Additionally, the fourth section provides a method which makes it possible to influence expeditiously the kinematic characteristics of traffic flows with a view to ensuring traffic safety for passenger route transport.

Keywords: public road, traffic safety, traffic flow, passenger route transport, target function of traffic safety, traffic management system.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дослідження:

Статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу, з наукового напрямку:

1. Polishchuk Volodymyr, Popov Stanislav. (2023). Microscopic traffic flow model with influence of passenger transport. *World Science*, 2 (80).

DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30062023/8015.

2. Popov Stanislav. (2024). Traffic flow model with influence of passenger transport. *World Science*, 1 (81). DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30032024/8130.

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Попов, С.Ю. (2007). Формування характеристик безпеки руху маршрутних транспортних засобів в умовах наявних транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*, № 2, 138 – 142. Горлівка: АДІ ДВНЗ “ДонНТУ”. DOI: 10.13140/RG.2.2.18932.97926.

4. Попов, С. Ю. (2012). Характеристики безпеки руху транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, no. 11, 2012, pp. 15 – 20. DOI: 10.15587/1729-4061.2012.3909.

5. Попов, С. Ю. (2012). Синтез критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах II категорії. *Автошляховик України*, 3 (227), 20 – 24. DOI: 10.13140/RG.2.2.27898.30405.

6. Попов, С. Ю. (2012). Експериментальна перевірка критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах другої категорії. *Автошляховик України*, 5 (229), 19-24. DOI: 10.13140/RG.2.2.12124.60802.

7. Попов, С. Ю. (2013). Technology of traffic control of passenger public transport to provide road safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (62), 65 – 68. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.11720>.

8. Поліщук, В. П., Попов, С. Ю. (2023). Вплив пасажирського маршрутного транспорту на макроскопічні характеристики транспортного потоку. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, 113 (II), 164 – 170. DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-164-170.

9. Polishchuk Volodymyr P., Popov Stanislav (2024). Influence of passenger route transport on traffic safety on the street and road network. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, 115 (I), 41 – 48. DOI: 10.33744/0365-8171-2024-115.1-041-048.

10. Polishchuk V.P., Nahrebelna L.P., Vyhovska I.A., Popov S. Yu. (2024). Applying energy principles to the assessment of road traffic safety. *Вісник Національного транспортного університету*, 58 (I), 133 – 141. DOI: 10.33744/2308-6645-2024-1-58-133-141.

Опублікованні праці апробаційного характеру, препринти:

11. Міжнародна науково-практична конференція „Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти”: тези доповідей. 2010 – 2013 р.

12. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету: тези доповідей.* 2016 – 2018, 2023 – 2024 р.

13. Popov, Stanislav, Traffic Control Technology for Public Transport in Order to Provide Traffic Safety (July 10, 2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4505252>.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір:

14. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір №70130 “Характеристики взаємодії пасажирського маршрутного транспорту з транспортними засобами потоку” / С.Ю. Попов (Україна). – №70130; зареєстр. 30.01.2017.

15. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір №71090 “Застосування енергетичних моделей транспортного потоку при оцінці режимів руху” / С.Ю. Попов, В.І. Єресов, О.В. Григор’єва (Україна). – №71090; зареєстр. 23.03.2017.

16. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір №78141 “Енергетичний підхід до оцінки умов безпеки дорожнього руху” / С.Ю. Попов, Єресов В.І. (Україна). – №78141; зареєстр. 06.04.2018.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ З ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ.....	22
1.1 Аналіз загального стану аварійності пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.....	23
1.2 Аналіз існуючих методів визначення рівня безпеки дорожнього руху при організації пасажирських маршрутних перевезень на автомобільних дорогах загального користування.....	26
1.3 Аналіз існуючих методів впливу пасажирського маршрутного транспорту на рівень безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування.....	30
1.4 Висновки до розділу 1.....	47
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЬ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ.....	48
2.1 Дослідження загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування.....	49
2.2 Вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування.....	57
2.3 Висновки до розділу 2.....	66

РОЗДІЛ 3 ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ.....	67
3.1 Дослідження характеристик нерівномірності руху транспортного потоку відносно транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту	68
3.2 Цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.....	83
3.3 Висновки до розділу 3.....	92
РОЗДІЛ 4 ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ.....	93
4.1 Методика оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту	93
4.2 Виконання експериментальних досліджень.....	99
4.3 Практичні рекомендації з підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту	126
4.4 Експериментальна перевірка цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту при оперативному управлінні з метою попередження умов виникнення ДТП.....	133
4.5 Висновки за розділом 4.....	138
ВИСНОВКИ.....	141
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	144
Додаток А. Документи впровадження результатів дисертації.....	157

ВСТУП

Актуальність теми. Оцінка та підвищення безпеки руху на автомобільному транспорті є значною науково-практичною проблемою. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я в результаті дорожньо-транспортних пригод (ДТП) щорічно гине 1,35 млн. осіб. Більш детальний аналіз статистики ДТП за типами пасажирських маршрутних транспортних засобів та за даними щодо місць їх скоєння і типами автомобільних доріг дозволив з'ясувати, що більшість тяжких ДТП відбувається з автобусами за межами міст на автомобільних дорогах загального користування.

Значною причиною скоєння ДТП є перевищення величини швидкості руху. 31% усіх ДТП з автобусами в світі спричинені через порушення швидкісного режиму руху.

На автомобільних дорогах загального користування відбувається максимальна кількість ДТП, хоча і відсутня значна кількість конфліктних ситуацій, як у містах. ДТП при таких величинах швидкості руху відбувається із загибеллю людей.

Згідно даних Національної поліції в Україні ДТП з автобусами за межами міст складає 45% від загальної кількості.

На автомобільних дорогах загального користування відбувається максимальна кількість ДТП, хоча і відсутня значна кількість конфліктних ситуацій, як у містах. Величина швидкості руху транспортних засобів, при якій відбуваються ДТП, становить до 130 км/год. ДТП при таких величинах швидкості руху відбувається із загибеллю людей. Найбільші показники тяжкості здебільшого припадають на автомобільні дороги загального користування з двома та чотирма смугами руху. На автомобільних дорогах загального користування з чотирма смугами руху відсутні перешкоди у русі, формуються значні швидкості, та відбуваються ДТП з маршрутними транспортними засобами. Кількість постраждалих та загиблих на одну ДТП

з пасажирським маршрутним транспортним засобом суттєво відрізняється в більшу сторону від інших ДТП. Вказані ДТП в умовах значних швидкостей руху на автомобільних дорогах загального користування мають максимальну тяжкість.

Рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту опосередковано враховується тільки при організації маршруту. Виникає необхідність використання методики розрахунку рівня безпеки та методики організації маршруту, що враховують рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту. З урахуванням статистики ДТП та відповідних показників тяжкості постає задача з розробки методу оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Конфліктні ситуації з пасажирськими маршрутними транспортними засобами в транспортному потоці можливо оцінювати як кількість транспортних засобів, що рухаються за маршрутним транспортним засобом з більшою величиною швидкості руху.

Для кожного рівня аналізу транспортного потоку формулюються характеристики рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів в умовах взаємодії з транспортними засобами потоку. Описати ДТП з пасажирським маршрутним транспортом, як відхилення характеристик руху та аналогічних характеристик руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

Закономірності впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку враховуючи положення теорії транспортного потоку дозволяє визначити характеристики безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Умови оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування у частках одиниці. Враховується, що скоєння ДТП одночасно відображається на трьох рівнях аналізу транспортного потоку. Узагальнені характеристики безпеки

руху пасажирського маршрутного транспорту записуються у цільову функцію оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Вказане розкриває актуальність вирішення науково-практичних задач щодо оцінки та підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до:

Постанови КМУ № 1281 від 21.12.2020 р. “Про затвердження Державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2023 року”;

Науково-дослідницьких робіт кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху Національного транспортного університету за темою: “Логістичне управління процесами перевезень і безпекою дорожнього руху в транспортних системах великих міст України” (РК 0116U004493);

Науково-дослідницьких робіт кафедри транспортні технології Автомобільно-дорожнього інституту за темою: “Дослідити процес виникнення побіжних зіткнень транспортних засобів в умовах руху дворядних щільних транспортних потоків та розробити заходи з підвищення безпеки руху” (РК 0108U009991);

Міжнародного проекту Master in SMARt transport and LOGistics for cities (SMALOG) action “Capacity Building in higher education” в рамках програми ЄС Еразмус+/КА2, що підтримує проекти, партнерства, заходи і мобільність у сфері освіти, підготовки, молоді і спорту (номер проекту 585832-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP).

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження – розробити метод підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування з урахуванням

нерівномірності руху пасажирського маршрутного транспорту та теорії транспортного потоку.

Задачі дослідження:

1) провести аналіз існуючих досліджень з безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування;

2) дослідити вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку;

3) розробити математичну модель оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування;

4) розробити метод та методіку підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Об'єкт дослідження. Рух транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування.

Предмет дослідження. Закономірності безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Методи досліджень. З метою обґрунтування математичної моделі скоєння конфліктів у процесі впливу маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування використано: енергетичний підхід, теорія кінематики й динаміки механічних систем, теорія надійності, теорія транспортних процесів і систем. Для експериментального підтвердження теоретичних розробок використовувався метод лінійного кореляційного аналізу та відповідні статистичні методи.

Наукова новизна отриманих результатів:

– вперше розроблено математичну модель оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах

загального користування. Дослідження загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування дозволив провести запис залежностей рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту як величини відхилень енергетичних та кінематичних показників маршрутних транспортних засобів відносно характеристик транспортних засобів потоку;

– удосконалено модель безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування, що дозволяє оцінити рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту через відхилення характеристик руху на макроскопічному, мікроскопічному та інженерно-психологічному рівнях аналізу транспортного потоку. Отримані значення обмежень та діапазонів відхилень енергетичних та кінематичних характеристик дозволяє використовувати модель для оцінки безпеки руху існуючих маршрутів і прогнозування нових та максимізації рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту;

– отримала подальший розвиток цільова функція безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування, яка дозволяє оцінити вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку, такі як прискорення, кінетична енергія, шум прискорень, що дозволяє розрахувати значення цільової функції та оцінити рівень безпеки на ділянці автомобільної дороги за допомогою оціночної шкали.

Практичне значення отриманих результатів. Методика “Оцінка рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування”, що впроваджена у виробничий процес на “Інститут “КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ” та ДП “Національний інститут розвитку інфраструктури”. (Тематичний план науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор).

Результати дослідження впроваджено в навчальний процес Національного транспортного університету на кафедрі транспортних систем та безпеки дорожнього руху під час викладання дисципліни “Технічні засоби управління дорожнім рухом” для студентів першого рівня вищої освіти спеціальності 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті), освітньо-професійна програма “Інтелектуальні системи управління дорожнім рухом”.

Особистий внесок здобувача. Досліджено процес скоєння ДТП на автомобільних дорогах загального користування в умовах взаємодії маршрутного транспорту в транспортному потоці та обґрунтовано новий метод забезпечення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування на основі цільової функції рівня безпеки руху у вигляді співвідношення характеристик руху на трьох рівнях аналізу транспортного потоку.

За темою дисертації опубліковано 10 статей, 5 з них – у співавторстві. В роботах [1, 3, 4, 8] запропоновано характеристики рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту з відповідними розрахунковими формулами. У роботі [5] запропоновано математичний запис впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики руху транспортного потоку.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів. Математичні залежності отримано на основі методів теорії детермінованих моделей транспортних потоків, для формулювання критеріїв оцінки рівня безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування застосовано методи графічного та аналітичного дослідження ДТП. Для обґрунтування математичної моделі конфліктів у процесі взаємодії маршрутного транспорту з транспортними засобами потоку використано: закон збереження і перетворення механічної енергії, теорію кінематики й динаміки механічних систем, теорію надійності, теорію транспортних процесів і систем, методи експертного дослідження ДТП. Для

експериментального підтвердження теоретичних розробок було використано метод лінійного кореляційного аналізу та відповідні статистичні методи.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційного дослідження доповідалися на:

– міжнародних науково-практичних конференціях „Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти” (2010, 2011, 2013 р. м. Донецьк).

– наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (2016 – 2018, 2023 – 2024 р. м. Київ).

Публікації. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: 2 статті у закордонних виданнях; 8 статей опубліковано у фахових виданнях України, у тому числі 5 – одноосібних; 7 праць апробаційного характеру; 3 свідоцтва авторського права.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та одного додатку. Робота містить 167 сторінок, одну таблицю, 27 рисунків, список використаних джерел із 126 найменувань.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ З ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

1.1 Аналіз загального стану аварійності пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування

Сучасне формулювання поняття безпеки на рівні суспільства має визначення, що передбачає виокремлення понять економічної, екологічної, соціальної, фізичної безпеки [1 – 4]. Галузевим відображенням вказаного поняття безпеки на автомобільному транспорті та у дорожньому господарстві є безпека дорожнього руху. Безпека дорожнього руху виражається у відсутності дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та впливає з сучасного формулювання визначення поняття безпеки руху. Наведене вказує, що це характеристика дорожнього руху визначена аварійністю [4, 5].

Забезпечення безпеки руху на автомобільному транспорті являє значну науково-практичну проблему, що проявляється у практичній та соціальній сферах [6 – 15]. В Україні в 2020 році було зафіксовано 11 000 смертей внаслідок ДТП, що становить 10,2% усіх смертей в Україні [16, 17].

Найбільшою причиною смертей у ДТП є перевищення швидкості. У 2020 році 31% усіх смертей внаслідок ДТП в світі були спричинені перевищенням швидкості. Смертність у ДТП є серйозною проблемою охорони здоров'я у світі. Щорічно внаслідок ДТП гине близько 1,35 мільйона людей. У Європі та Україні смертність у ДТП є навіть вищою, ніж у середньому у світі. З них 17%, або 230 000, були спричинені ДТП з автобусами. У Європі в 2020 році було зафіксовано 28 000 смертей

внаслідок ДТП, з яких 3%, або 840, були спричинені ДТП з автобусами. Встановлено, що у 2021 році у 50% ДТП з автобусами водій автобуса перевищував швидкість руху. Смертність у ДТП з автобусами є значною проблемою охорони здоров'я в Україні.

Рух транспорту у містах пов'язаний зі значною кількістю конфліктних ситуацій, що виникають при взаємодії транспортних засобів на нерегульованих пересіченнях доріг, регульованих з відповідними світлофорними об'єктами та з пішоходами на регульованих та нерегульованих пішохідних переходах [18, 19]. На дорогах за межами міст відсутні конфліктні ситуації, що пов'язані з вище зазначеним, але показники аварійності на замських дорогах є не менш значними, особливо за питомими показниками, що також підтверджується статистикою ДТП [15 – 18]. Вказаний факт пов'язується, насамперед, зі значними інтенсивністю та швидкістю руху відповідних транспортних потоків [18 – 28].

Згідно з даними Державного агентства автомобільних доріг України, на 1 січня 2023 року загальна протяжність автомобільних доріг загального користування в Україні становить 272 500 км, з них 144 000 км – це дороги з твердим покриттям (асфальтобетонне, бетонне або ґрунтове). [18]. Автомобільних дорогах загального користування в Україні зв'язують адміністративні, промислові й культурні центри, а також утворюють дорожню мережу країни й з'єднують її з мережами інших країн. За довжиною у міжміському сполученні є максимальними [18].

Згідно світової статистики [15] більшість ДТП на ділянках міжнародних доріг відносяться до типу “зіткнення транспортних засобів” [31], тому надалі будемо розглядати саме ці види ДТП. Надалі пропонується врахувати вказану класифікацію при аналізі показників аварійності за типами транспортних засобів. Найбільш розповсюджений вид ДТП при роботі автомобільного пасажирського маршрутного транспорту за межами міст є [19]:

- Зіткнення автомобілів.
- Наїзд на перешкоду.
- Перекидання автомобіля.

За даними [17] можна зробити висновки, що кількість ДТП з смертельними випадками та з отриманими травмами в Україні з кожним роком збільшується.

Згідно з даними Інтернаціональної дорожньої федерації з автобусами (IRU), у 2021 році в світі було зареєстровано 2,5 мільярда автобусів. Це на 2,5% більше, ніж у 2020 році. Найбільше автобусів зареєстровано в Азії (1,5 мільярда), Європі (0,5 мільярда) і Північній Америці (0,4 мільярда).

У 2021 році автобуси перевезли в світі 400 мільярдів пасажирів. Це на 3,5% більше, ніж у минулий період. Найбільше пасажирів перевезли автобуси в Азії (200 мільярдів), Європі (100 мільярдів) і Північній Америці (50 мільярдів).

У 2021 році автобуси перевезли в світі 100 мільярдів тонн вантажів. Це на 2,5% більше, ніж у попередньому році. Найбільше вантажів перевезли автобуси в Азії (50 мільярдів тонн), Європі (25 мільярдів тонн) і Північній Америці (20 мільярдів тонн).

IRU прогнозує [22], що в найближчі роки кількість автобусів у світі продовжуватиме зростати. Це пов'язано з такими факторами, як зростання населення, міські перевезення та зростання туризму.

Статистичні дані вказують на наявність тенденцій поступового зростання кількісних та якісних показників аварійності, що розкриває неоднозначність, світових тенденцій забезпечення безпеки руху.

Розглянемо скоєні ДТП за видами. Згідно з даними Національної поліції України, у 2022 році в Україні було зафіксовано 29 992 дорожньо-транспортні пригоди (ДТП). З них 21 103 ДТП (70,7%) сталися з постраждалими, 8 889 ДТП (29,3%) – без постраждалих. У ДТП загинуло 3 097 осіб, постраждало 28 728 осіб.

Найбільш поширеним видом ДТП в Україні є зіткнення автомобілів. У 2022 році в таких ДТП було зафіксовано 19 151 випадок (64,2%). На другому місці за поширеністю – перекидання автомобілів (2 829 випадків, 9,5%). На третьому місці – наїзд на перешкоду (2 390 випадків, 7,9%).

Найчастіше ДТП трапляються в містах. У 2022 році в містах було зафіксовано 19 555 ДТП (65,7%), за межами міст – 10 437 ДТП (34,3%) [19].

Виходячи з проведеного аналізу кількісних характеристик аварійності, надалі в роботі будуть розглядатися ДТП у вигляді зіткнення транспортних засобів, бо вони займають максимальну долю з загальної кількості ДТП на автомобільних дорогах України. Надалі розглянемо, яким чином вказані тенденції відбиваються у формулюванні аварійності за категоріями доріг. Сучасні технології будівництва доріг в межах норм та правил мають в різних країнах відмінності, але загальні тенденції зміни показників аварійності на дорогах поза населених пунктів мають суттєві збіжності.

Прийнято вважати, що автомобільні дороги загального користування є небезпечними дорогами за ризиком скоєння ДТП з врахуванням наявних місць концентрації ДТП та з врахуванням цих ДТП з загальної статистики в Україні [17]. Відсутність врахування місць концентрації ДТП привносить невідповідність у процес порівняння характеристик аварійності на дорогах України з вищевказаними ризиками. Автомобільні дороги загального користування мають істотно більш низький рівень ризику ДТП, виражений у кількості зареєстрованих ДТП з травматизмом на 1 млн. авт-км пробігу транспортного засобу, ніж автомобільні дороги загального користування з двома смугами руху [16]. Враховуючи те, що на міжнародні дороги виключена імовірність пригод з наїздом на пішохода, наїздом на велосипедиста, наїздом на транспортний засіб, тому відсоток зіткнень на автомобільних дорогах загального користування є максимальним в Україні.

На автомобільних дорогах загального користування відбувається максимальна кількість ДТП, хоча і відсутня значна кількість конфліктних

ситуацій, як у містах. Також, з урахуванням Правил дорожнього руху, відсутні наступні види ДТП: наїзд на нерухомий транспортний засіб, наїзд на пішохода, наїзд на велосипедиста, наїзд на гужовий транспорт, падіння пасажира. Швидкості руху транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування, при яких відбуваються ДТП, сягають 130 км/год. Пригоди при таких швидкостях руху характерні загибеллю людей [33, 34, 42].

Питомі показники аварійності за типами, видами та категоріями доріг вказують на суттєві значення в межах характеристик міжміських доріг, що прийнята в Україні. Відповідно до статистичних даних в Україні максимальні питомі показники вітчизняної аварійності відповідають автомобільним дорогам загального користування. Проведений додатковий аналіз на предмет виявлення показників аварійності на автомобільних дорогах загального користування з урахуванням ДТП з пасажирським маршрутним транспортом показав, що відсоток таких ДТП є максимальним.

1.2 Аналіз існуючих методів визначення рівня безпеки дорожнього руху при організації пасажирських маршрутних перевезень на автомобільних дорогах загального користування

В зв'язку з тим, що кожен маршрут діє на основі паспорту маршруту [43 – 49], необхідно провести подальший аналіз складу відповідного паспорту з урахуванням наявності у ньому вимог з забезпечення рівня безпеки руху.

Вимоги до паспорта маршруту та порядок його затвердження мають свої особливості. Паспорт включає [47 – 49]: схему автобусного маршруту (є можливість врахування рівня безпеки руху шляхом організації можливих об'їздів місць концентрації ДТП); умови здійснення перевезень на маршруті (безпека руху враховується опосередковано при призначенні технічної швидкості); характеристику маршруту (безпека руху не враховується);

розклад руху автобусів (безпека руху не враховується); графік режиму праці та відпочинку водіїв (безпека руху враховується опосередковано); таблицю вартості проїзду (для приміських, міжміських та міжнародних маршрутів); список пасажирів, які мають право перебувати у автобусі при здійсненні перевезень (тільки для маршрутів регулярних спеціальних перевезень, що виходять за межі населеного пункту); зміни на маршруті (безпека руху враховується опосередковано, можливо при внесенні змін); акт відповідності паспорта маршруту умовам перевезень (безпека руху не враховується); договір про надання послуг (для регулярних спеціальних перевезень); акт припинення дії паспорту регулярного спеціального маршруту.

Вимоги до складання схеми автобусного маршруту передбачають [50 – 53], що схема виготовляється на карті автомобільних доріг або фрагментові карти автомобільних доріг області (району) з нанесенням лінії проходження маршруту та умовними знаками позначаються населені пункти, якими проїздить автобус, без зазначення вулиць, та додатково наводяться схеми проїзду по районним та обласним центрам, де розкладом руху передбачається заїзд на відповідну автостанцію. Вказані дані не передбачають врахування безпеки руху навіть на опосередкованому рівні.

Умови здійснення перевезень на маршруті включають [52]: характеристику автобусів, які можуть обслуговувати маршрут, за класом, пасажиромісткістю, комфортністю і т. інше; режим функціонування маршруту (звичайний, експресний, маршрутне таксі); періодичність (по дням тижня та в залежності від сезонної ознаки), час початку та кінця функціонування маршруту. Серед перерахованих умов відсутнє врахування рівня безпеки руху рухомого складу на маршруті.

Характеристика маршруту включає основні параметри маршруту та його облаштування, а саме [52 – 55]: довжину маршруту; тривалість рейсу; кількість зупинок; наявність автостанцій, павільйонів, диспетчерських та

контрольних пунктів; наявність облаштованих майданчиків для розвороту автобусів, закладів харчування, відпочинку та місць загального користування; визначення небезпечних ділянок доріг; таблиці відстані між зупинками (для приміських маршрутів). Вказана характеристика маршруту не розкриває наявність аспектів, що можливо віднести до забезпечення рівня безпеки руху.

З точки зору безпосереднього врахування наявної безпеки руху на ділянках маршруту паспорт маршруту включає в себе місця концентрації ДТП, складні ділянки, та це ні яким чином ні відображається у методиках організації руху пасажирського маршрутного транспорту.

Порядок розроблення паспорта маршруту [54, 55] має етап погодження з відповідними органами, що опосередковано передбачає врахування рівня безпеки руху при організації відповідного маршруту. Розроблений паспорт маршруту після розробки надсилається на погодження до відповідних органів поліції України. Після чого до організатора перевезень на відповідній території, що веде реєстр паспортів маршрутів та до уповноважених підрозділів Національної поліції України.

Зараз відсутні критерії встановлення невідповідного стану проїзної частини дороги, не відомо, як повинна співвідноситися за довжиною ділянка з невідповідним станом проїзної частини дороги до загальної довжини маршруту. Невідповідність швидкісних режимів руху нормам зрозуміла. Не відомо яким чином враховуються наявні зміни станів транспортних потоків за ділянками відповідного маршруту. При певних умовах щільних транспортних потоків буде неможливим реалізувати необхідні швидкісні режими руху маршрутних транспортних засобів.

Встановлено, що метода оцінки рівня безпеки дорожнього руху пасажирського маршрутного транспорту не існує. Рівень безпеки дорожнього руху при організації пасажирських маршрутних перевезень на автомобільних дорогах загального користування враховується

опосередковано. При підготовці та складанні паспорту нового маршруту внесена інформації про наявні на маршруті місця концентрації ДТП. Постає практична задача необхідності вдосконалення порядку організації пасажирських маршрутних перевезень в межах врахування та підвищення рівня безпеки руху на маршрутах, що впроваджуються. Надалі необхідно провести аналіз існуючих досліджень з вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування.

1.3 Аналіз існуючих методів впливу пасажирського маршрутного транспорту на рівень безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування

1.3.1 Аналіз існуючих методів впливу пасажирського маршрутного транспорту на рівень безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування за швидкістю

Рух транспортного потоку, як складової транспортного потоку з автомобілів, що рухаються по дорозі [5], прийнято оцінювати за допомогою наступних основних характеристик [56 – 59]: швидкість, інтенсивність, щільність та склад. В межах застосування мікроскопічного підходу до аналізу транспортного потоку [57] розглядається сукупність автомобілів, що рухаються по дорозі, в нашому випадку у цій складової транспортного потоку з досліджуються дві складові: пасажирські маршрутні автомобілі та інші транспортні засоби потоку.

Розглянемо процес формування швидкості транспортних засобів у відповідних сукупностях. Швидкість руху транспортного засобу є основною характеристикою його рівня безпеки руху [29, 60 – 64]. Швидкість руху окремого пасажирського маршрутного транспортного засобу

досліджувалась поза положеннями теорії транспортних потоків [56 – 59] у галузі організації пасажирських перевезень [49 – 54]. Швидкість руху є однією з головних характеристик процесу руху транспортного засобу [65], так як представляє цільову функцію дорожнього руху [57, 58]. Найбільш об'єктивною характеристикою транспортного засобу на дорозі може служити графік зміни його швидкості на протязі руху по маршруту. На практиці здобуття просторових швидкісних характеристик для значної кількості транспортних засобів, що рухаються в складі транспортного потоку, є складним та досить індивідуальним завданням, потребує безперервного автоматичного запису швидкості на кожному з них. В теорії транспортних потоків прийнято [56 – 59] оцінювати швидкість руху транспортних засобів миттєвим її значенням V_a , зафіксованим в окремих типових поперечних перерізах (точках) дороги. Миттєва швидкість транспортного засобу залежить від багатьох факторів й схильна до значних індивідуальних коливань.

В організації міжміських перевезень використовують наступні поняття швидкості [49 – 54]: конструктивна (максимальна) швидкість – швидкість, яку здатен розвинути автобус на прямій ділянці шляху виходячи з технічних можливостей; максимальна граничнодопустима швидкість – швидкість, яка дозволена Правилами дорожнього руху та яка визначається виходячи з стану дорожніх умов й норм безпеки руху; середньохорова швидкість – стала на ділянці маршруту. Технічна швидкість – визначається відношенням пробігу автобуса до витрат часу на рух, включаючи затримки, викликані умовами руху [43]:

$$V_T = \frac{L_M}{t_{\text{рух}} + t_3}, \text{ км/год}, \quad (1.1)$$

де V_T – технічна швидкість, км/год;

L_M – довжина маршруту, км;

$t_{\text{рух}}$, t_3 – відповідно час руху та час простою на зупиночних пунктах, год.

Швидкість сполучення – швидкість, що визначається відношенням довжини даного маршруту до сумарного часу, витраченому на рух й стоянки для посадки й очікування виходу пасажирів на проміжних зупиночних пунктах маршруту. Швидкість сполучення є визначною для характеристики роботи маршруту, так як від цієї величини залежить час доставки пасажирів [43]:

$$V_c = \frac{L_M}{t_{\text{рух}} + t_3 + \sum t_{\text{ПЗ}}}, \text{ км/год}, \quad (1.2)$$

де V_c – швидкість сполучення, км/год;

L_M – довжина маршруту, км;

$t_{\text{рух}}$, t_3 , $\sum t_{\text{ПЗ}}$ – відповідно час руху та час простою на зупинках, год.

Залежність (1.2) розкриває поняття швидкості сполучення та характеризує його за ємністю врахування відповідних факторів, але вказані фактори не відбивають безпеки руху. Експлуатаційна швидкість – швидкість, що визначається відношенням довжини даного маршруту до сумарного часу, що витрачено на рух, стоянки на проміжних та кінцевих зупинках пунктах [43, 44]:

$$V_e = \frac{L_M}{t_{\text{рух}} + t_3 + \sum t_{\text{ПЗ}} + t_{\text{КЗ}}} = \frac{L_M}{t_p}, \text{ км/год}, \quad (1.3)$$

де V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

L_M – довжина маршруту, км;

$t_{\text{рух}}$, t_3 , $\sum t_{\text{КЗ}}$ – відповідно, час руху та час простою на зупинках, год;

t_p – час рейсу, год.

Можливе використання наближеної залежності [43, 44]:

$$V_e = 0,85\sqrt{l_n}, \text{ км/год.} \quad (1.4)$$

де l_n – довжина перегону, м.

З урахуванням (1.3) та (1.4), експлуатаційна швидкість залежить від технічної швидкості транспортного засобу й відповідної організації транспортного процесу. Також, як попередні величини швидкості, експлуатаційна швидкість не враховує рівень безпеку руху за умовами експлуатації.

На практиці усі перераховані значення визначають при нормуванні швидкостей з урахуванням даних дослідних рейсів [43, 44], що враховує рівень безпеки руху опосередковано та у прив'язці до конкретних умов дослідження.

Значення (1.1) – (1.4) не враховують втрату часу на виконання вимог існуючої схеми організації руху за окремими ділянками маршруту, додатково не враховують обмеження, що накладаються поточними умовами руху у транспортних потоках на відповідних ділянках доріг маршруту. Додатково необхідно вказати на особливий вплив метеорологічних умов, а в темний час доби на освітленість дороги. Також в залежності від ступеня завантаження дороги рухом технічна швидкість в різні години доби змінюється.

Швидкість руху на маршруті встановлюють у відповідності з керівництвом по нормуванню величини швидкостей руху [43, 44]. Для маршрутів, що здійснюють рух автомобільними дорогами загального користування, величина швидкості нормується з виконанням попереднього розрахунку [43, 44]. Прийнято нормування величини швидкості руху виконувати в межах визначення техніко-експлуатаційних та економічних показників (кількості одиниць пасажирського маршрутного транспорту, провізної здатності автобусів, собівартості перевезень). За системою “Водій – Автомобіль – Дорога” (ВАД) [36, 66 – 70] водій визначає величину швидкості руху транспортного засобу, а автомобіль, дорога – є узагальненими

факторами, що обмежують максимальне значення вказаної величини швидкості та уособлюють умови рівня безпеки руху при реалізації цієї швидкості.

Верхня межа величини швидкості руху транспортного засобу визначається величиною його максимальної величини конструктивної швидкості V_{\max} , що обумовлена, головним чином, потужністю двигуна. При русі транспортного засобу швидкість визначає його динамічні габарити і “динамічний коридор” в транспортному потоці [57, 70]. З урахуванням чого, вплив руху пасажирського маршрутного транспорту на рівень безпеки руху за швидкістю необхідно розкрити й в межах визначального впливу величини швидкості на параметри динамічного коридору маршрутного транспортного засобу та, як слідство, на безпечність або небезпечність інтервалів між транспортними засобами у транспортному потоці.

“Динамічний коридор” в теорії транспортних потоків характеризують з використанням поняття динамічного габариту. У динамічний габарит входить відстань між транспортними засобами при русі та довжина самого транспортного засобу [72]. Динамічний габарит транспортного засобу [72]:

$$L = l_p + S_t + l_a + l_0, \quad (1.5)$$

де L – динамічний габарит транспортного засобу, м;

l_p – шлях, що проходить транспортний засіб за час реакції водія, м;

S_t – гальмівний шлях транспортного засобу, м;

l_a – конструктивна довжина транспортного засобу, м;

l_0 – зазор безпеки до транспортного засобу, що їде попереду, м.

Гальмівний шлях транспортного засобу S_t , що залежить від величини швидкості руху транспортного засобу та впливає на рівень безпеки руху, розраховується [72]:

$$S_t = (0,5t_e + t_1 + t_2)V_a + \frac{V_a}{2j}, \quad (1.6)$$

де t_e – час зростання сповільнення на колесах транспортного засобу, с;

t_1 – час реакції водія на зміни руху попереднього транспортного засобу, с;

t_2 – час спрацювання гальмівної системи транспортного засобу, с;

j – сповільнення транспортного засобу при виконанні екстреного гальмування, м/с².

За аналогією з поняттям “динамічного габариту” транспортного засобу був введений показник відносно габаритної ширини транспортного засобу, названий “динамічною шириною” транспортного засобу, в межах якої водій керує транспортним засобом [23]. В роботі [72] дав визначення “психологічному коридору” – ширина дороги, яка психологічно впливає на водія при виборі траєкторії та режиму руху. Розраховувати психологічний коридор запропоновано наступним чином [72]:

$$B_{\Pi} = (c + k + 2x) / 2 + z, \quad (1.7)$$

де B_{Π} – психологічний коридор транспортного засобу, м;

c – ширина транспортного засобу по межах коліс, м;

k – відстань від лівого краю транспортного засобу до роздільної смуги, м;

x – відстань від колеса транспортного засобу до його краю, м;

z – відстань від колеса транспортного засобу до узбіччя, м.

Розрахунок психологічного коридору (1.7) дозволяє частково врахувати рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспортного засобу шляхом порівняння його з шириною смуг руху відповідних ділянок доріг, що задіяні на маршруті, або визначенням відповідної величини швидкості руху, яка припустима за наявною шириною психологічного коридору в межах відповідних смуг руху. Але вказані заходи практично не виконуються. Додатково необхідно вказати, що величина швидкості руху

обмежується й часом рейсу [73 – 75], що визначає мінімально допустимі витрати часу пасажирів на поїздку. Необґрунтовано прийнятий час приводить або до невиправдано низьким швидкостям руху, більшим простоям автобусів на кінцевих й проміжних пунктах із-за резерву часу, або до порушення встановлених правил руху пасажирських маршрутних транспортних засобів, до зниження рівня безпеки руху, порушенню правил посадки й висадки пасажирів через недолік часу. За результатами досліджень з'ясовано, що транспортний потік, в якому рухається пасажирський маршрутний транспортний засіб на відповідних ділянках маршруту, істотно впливає на його технічну швидкість при інтенсивності потоку понад 390 одиниць (при змішаному потоці) і 470 одиниць (при однорідному потоці) транспортних засобів на одну смугу руху в годину [31].



Рисунок 1.1 – Графік розподілення величин миттєвих швидкостей руху при вільному русі легкових автомобілів на дорозі [31].

На рис. 1.1 показана залежність імовірності отримання водієм значні травми при ДТП в залежності від зміни величини швидкості руху в момент дорожньо-транспортної пригоди. З графіку видно, що при зміні величини швидкості руху приблизно до 70 км/год. більш імовірно уникнути імовірного поранення, ніж бути тяжко пораненим.

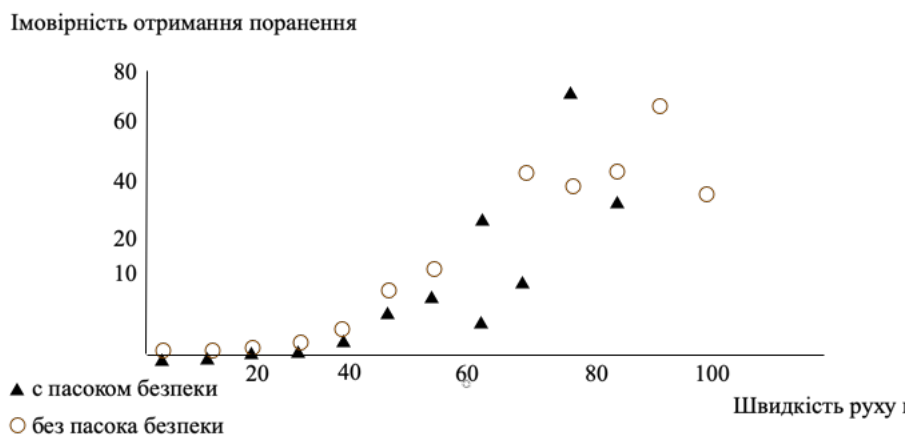


Рисунок 1.2 – Дослідження отримання поранення водієм у залежності від величини швидкості руху в момент дорожньо-транспортної пригоди [31].

Вплив розглянутих чинників на величину швидкості руху проявляється в умовах вільного руху транспортних засобів транспортного потоку та маршрутних транспортних засобів, коли величина інтенсивність та щільність руху відносно невеликі й не відчувається взаємний вплив транспортних засобів. При підвищенні величини щільності виникає стислість руху й величина швидкості руху потоку суттєво падає. Вплив величини інтенсивності руху транспортного потоку на величину швидкості руху автомобілів досліджувався багатьма закордонними й вітчизняними вченими [56 – 59, 78 – 81]. Виведені різні кореляційні рівняння цієї залежності, що мають загальний вигляд [78 – 81]:

$$V_a = V_{ac}(1 - k \cdot N_a), \quad (1.8)$$

де V_a – поточна величина швидкості руху транспортного засобу в умовах руху транспортного потоку на ділянці дороги, км/год;

V_{ac} – величина швидкості вільного руху транспортного засобу на ділянці дороги, км/год;

k – кореляційний коефіцієнт зниження величини швидкості руху, год/авт;

N_a – величина інтенсивності транспортного потоку, авт/год.

Відповідно до вказаних результатів досліджень можливо виявити, що на величина швидкості транспортного засобу суттєво оказує вплив величини інтенсивності наявного транспортного потоку на ділянці дороги, що входить до відповідного маршруту, що не враховується у розглянутих методиках нормування величини швидкості руху.

Аналіз існуючих методів впливу пасажирського маршрутного транспорту на рівень безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування за величиною швидкості показав, що існуючі методи визначення та методики нормування величини швидкості пасажирського маршрутного транспорту не враховують положення рівня безпеки дорожнього руху. При нормуванні величини швидкості руху маршрутних транспортних засобів, не враховується стан транспортного потоку. Призначена нормована за існуючими методиками визначення величини швидкості руху маршрутних транспортних засобів не відповідає величині швидкості транспортного потоку, вказані відхилення створюють конфліктну ситуацію у вигляді різниці величин швидкості між пасажирськими маршрутними транспортними засобами та іншими транспортними засобами. Надалі необхідно провести аналіз нерівномірності руху транспортного потоку з врахуванням впливу пасажирського маршрутного транспорту за величиною інтенсивності руху.

1.3.2 Дослідження існуючих методів впливу пасажирського маршрутного транспорту на рівень безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування за величиною інтенсивності руху

Сучасні методи вказують на наявність взаємозв'язку між величиною інтенсивності руху та кількістю ДТП [78 – 81], серед яких значну частку мають ДТП з маршрутними транспортними засобами. Тобто, транспортний потік за величиною інтенсивності руху безпосередньо формує безпеку руху

маршрутного транспорту.

Вплив величини інтенсивності руху на кількість ДТП досліджувався багатьма вченими у різних країнах [29, 31, 64, 81 – 85]. Можна описати з допомогою еластичності пригоди по відношенню до величини інтенсивності руху [31]. Ця еластичність показує залежність, на скільки відсотків пригоди змінюються, коли величина інтенсивності дорожнього руху змінюється на один відсоток.

За рис. 1.3 можливо зробити висновок, що при збільшенні величини інтенсивності руху з 1 до 100 кількість пригод з травматизмом зростає приблизно з 1% до приблизно 80%. Навпаки, кількість пригод з загиблими збільшується лише з 1% до приблизно 25%. Це вказує, що ризик дорожньо-транспортної пригоди з загиблими зменшується з збільшенням величини інтенсивності дорожнього руху. Вказане пояснюється тим, що збільшення величини інтенсивності руху приводить до зменшення величини швидкості та до того, що учасники дорожнього руху стають більш уважними. При цьому наслідки ДТП є менш значними.

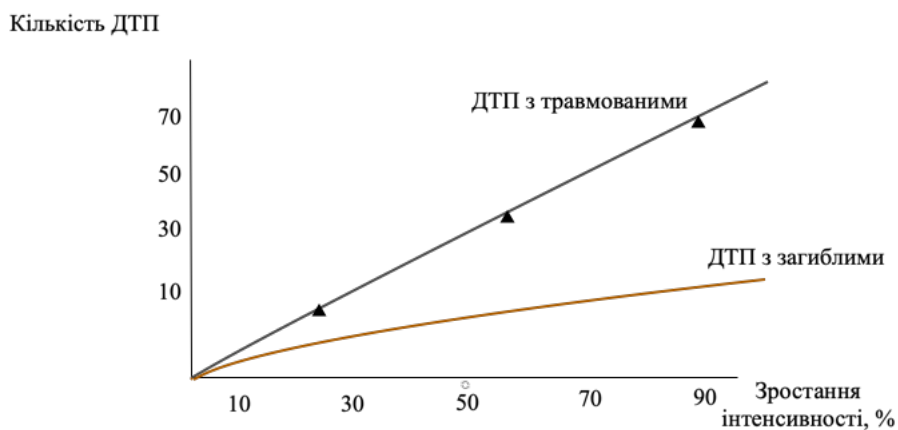


Рисунок 1.3 – Графік взаємозв'язку між величиною інтенсивності руху та кількістю ДТП з постраждалими [31].

Згідно з дослідженням, проведеним Національною адміністрацією безпеки дорожнього руху (NHTSA), інтенсивність руху є одним з головних факторів, що впливають на частоту дорожньо-транспортних пригод (ДТП). У дослідженнях показано, що при збільшенні величини інтенсивності руху на 10% ймовірність ДТП збільшується на 3 – 4% [31].

Існує кілька причин, чому величина інтенсивності руху може збільшувати ризик ДТП.

По-перше, при підвищеній величині інтенсивності руху водії мають менше часу для реакції на небезпеки.

По-друге, при підвищеній величині інтенсивності руху водії більш схильні до ризикованої поведінки, наприклад, перевищенню величини швидкості та неуважності.

По-третє, при підвищеній величині інтенсивності руху на дорогах може бути більше перешкод, наприклад, машин, що стоять, або пішоходів, що переходять дорогу.

Є кілька способів зменшити ризик ДТП, пов'язаний із підвищеною величиною інтенсивності руху.

Рис. 1.4 показує взаємозв'язок між годинною величиною інтенсивності руху в денний час доби та ризиком ДТП з матеріальними збитками (пригод на мільйон кілометрів пробігу) для чотирьох типів доріг: автомобільні дороги загального користування з двома смугами руху, автомобільні дороги загального користування з чотирма смугами руху, міжнародні дороги класу В и міжнародні дороги класу А [31].

Якщо кількість пригод з матеріальними збитками збільшується пропорційно величині інтенсивності руху, то ризик не залежить від величини інтенсивності руху.

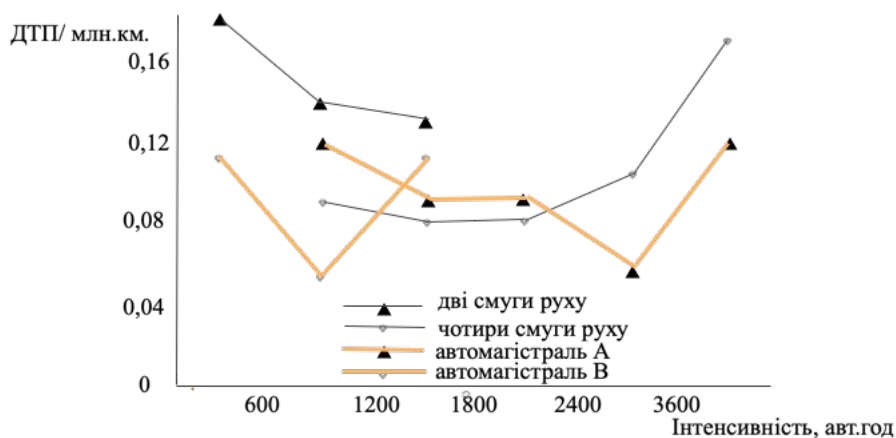


Рисунок 1.4 – Графік взаємозв'язку між величиною інтенсивності руху в денний час та ризиком пригод з матеріальними збитками [31].

В такому випадку криві ризику на рис. 1.5 повинні бути горизонтальні. З рисунку не видна чітка залежність. На дорогах з більш високим рівнем інтенсивності руху транспортних засобів менша нерівномірність руху й більше стабільна величина інтенсивності в пікові періоди [83 – 85]. Додатково необхідно вказати, що сумісно з величиною інтенсивності оказує вплив на рівень безпеку руху і склад транспортного потоку [64, 72], що характеризується співвідношенням у ньому транспортних засобів різного типу. Вплив інтенсивності руху на ділянках автомагістралей на показники аварійності було досліджено вченими [83]. Відповідно до технічної класифікації автомобільних доріг розрахункова величина інтенсивності руху для категорій доріг І_а та І_б складає понад 10000 авт/доб [12]. На міжнародних дорогах відносно кількості смуг руху за напрямками залежності показників аварійності від величини інтенсивності руху вказані на рис. 1.5, 1.6.

Ріст аварійності при збільшенні величини інтенсивності руху більш 10 – 15 тис. авт/доб зв'язаний з ростом складності умов руху, що додатково створюється пасажирським маршрутними транспортними засобами. У цих умовах основним видом ДТП стає зіткнення транспортних засобів, що рухаються на небезпечних відстанях, або ця відстань різко зменшується за рахунок різниці величин швидкості.

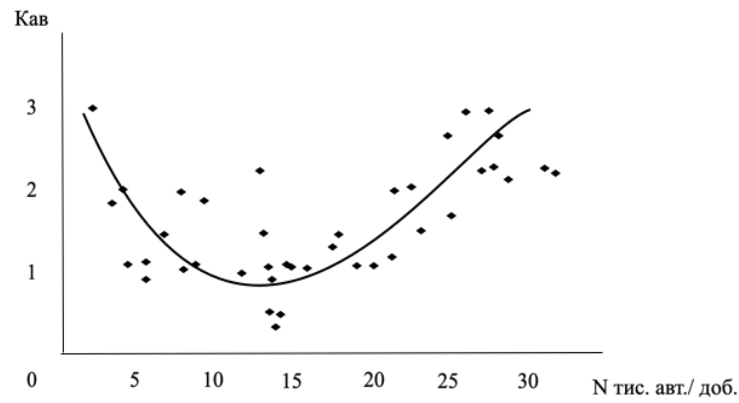


Рисунок 1.5 – Графік залежності відносної кількості ДТП від величини інтенсивності руху на ділянках автомагістралей за даними [83].

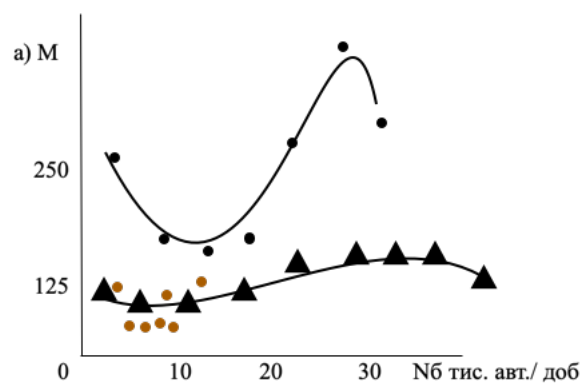
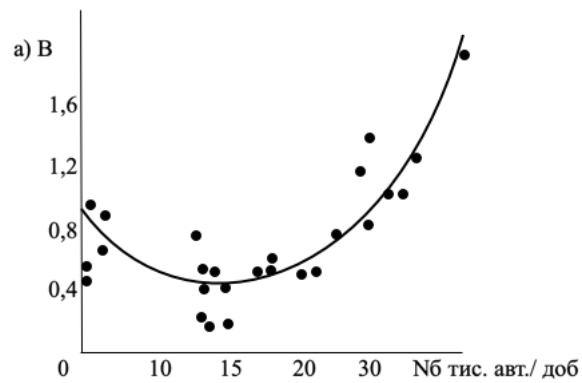


Рисунок 1.6 – Графік залежності показників аварійності від величини інтенсивності руху на міжнародних дорогах [83]: а) на міжнародних дорогах з чотирма смугами: В – кількість ДТП на 1 км дороги в рік; б) за даними зарубіжних досліджень: М – число ДТП на 100 млн. авт-км, 1 – США; 2 – Франція; 3 – Німеччина; 4 – США.

При подальшому збільшенні величини інтенсивності руху на ділянці магістралі рух відбувається при взаємному впливі транспортних засобів. Подальше збільшення величини інтенсивності руху приводить до появи суцільного транспортного потоку, але при цьому вимоги до пасажирських маршрутних транспортних засобів не змінюються, що є дуже важливим. Спостерігається вкрай нерівномірний рух потоку транспортних засобів з низькими величинами швидкості і частими зупинками, рис. 1.7 б.

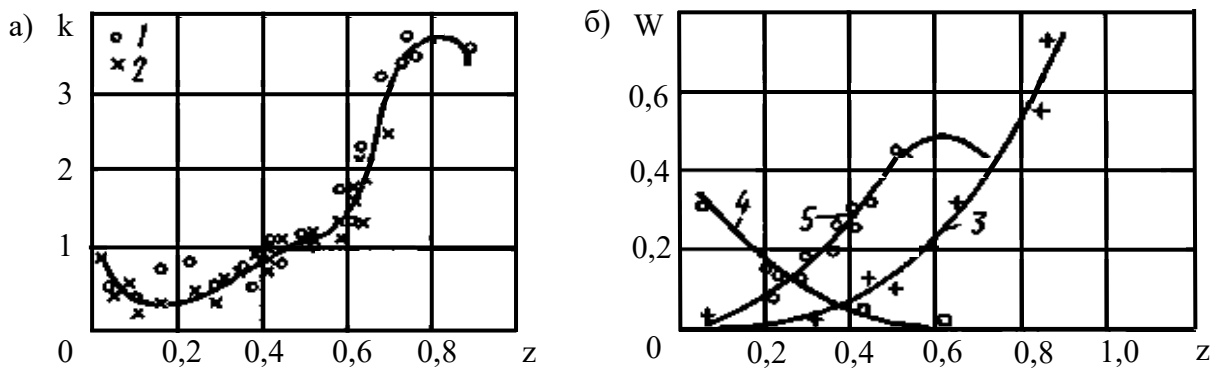


Рисунок 1.7 – Графік завантаження міжнародних автомобільних доріг рухом та кількістю ДТП [83]: а) залежність відносної аварійності (k) від коефіцієнта навантаження (z); б) вплив навантаження (z) міжнародні дороги рухом на вид пригод (W – кількість ДТП на 1 млн. авт-км); 1 – за даними [83]; 2 – за даними [83]; 3 – взаємне зіткнення; 4 – втрата керування; 5 – порушення правил обгону.

Особливу увагу з наведених залежностей на рис. 1.7. необхідно приділити залежності 5 – зміна кількості ДТП через виконання неправильного обгону, від рівня завантаження ділянки міжнародні дороги транспортом. Максимальне значення рівня завантаження, при якому можливо аналізувати максимум процесу формування вказаних ДТП, є 0,6. [81]. Зміна величини інтенсивності руху та рівня завантаження дороги транспортом впливає також на показники тяжкості ДТП, що розкрита залежністю на рис. 1.8.

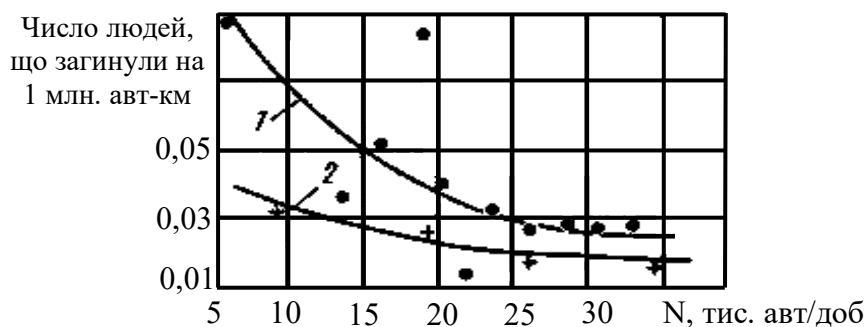


Рисунок 1.8 – Графік впливу величини інтенсивності руху на міжнародних дорогах на тяжкість ДТП [83].

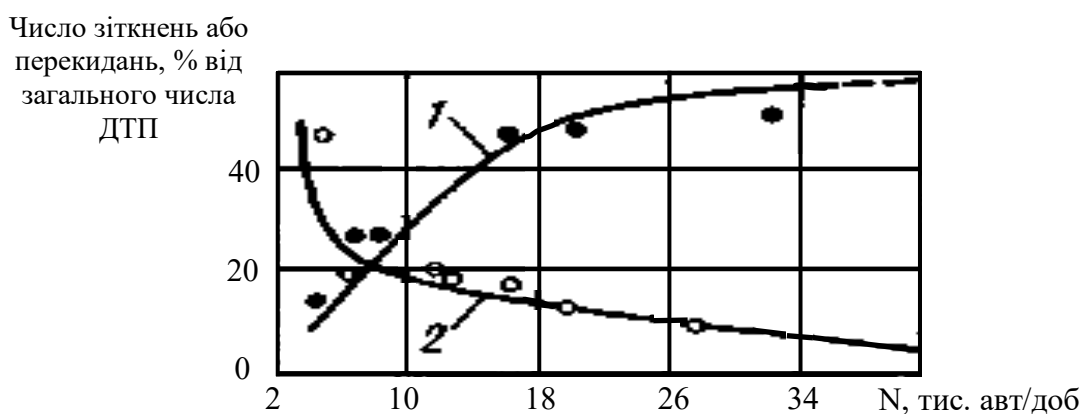


Рисунок 1.9 – Графік зміни аварійності на міжнародних автомобільних дорогах з ростом величини інтенсивності руху [83]:

1 – зіткнення; 2 – перекидання.

Проведений аналіз показав, що вплив величини інтенсивності руху транспортного потоку на рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту існує. При збільшенні величини інтенсивності руху суттєво збільшується кількість ДТП, у вигляді зіткнень транспортних засобів. При зменшенні величини інтенсивності руху збільшується кількість ДТП за порушеннями правил обгону з урахуванням наявності у складі потоку пасажирських маршрутних транспортних засобів. Досліджені тенденції не використовуються при проектуванні маршрутів руху пасажирського транспорту. Надалі необхідно провести аналіз нерівномірності руху транспортного потоку з врахуванням впливу пасажирського маршрутного транспорту за величиною щільності руху.

1.3.3 Аналіз існуючих методів впливу транспортного потоку на рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування за щільністю

Щільність транспортного потоку являє собою третю з основних характеристик транспортного потоку [57 – 59, 86 – 88] та розкриває кількість транспортних засобів, що приходить в даний момент часу на одиницю довжини дороги. Разом з тим має значення як показник, що характеризує склад транспортного потоку [89, 90]. Вплив зміни величини щільності транспортних потоків та їх складу на міжнародних дорогах не значним чином досліджений, рис. 1.10 та 1.11.

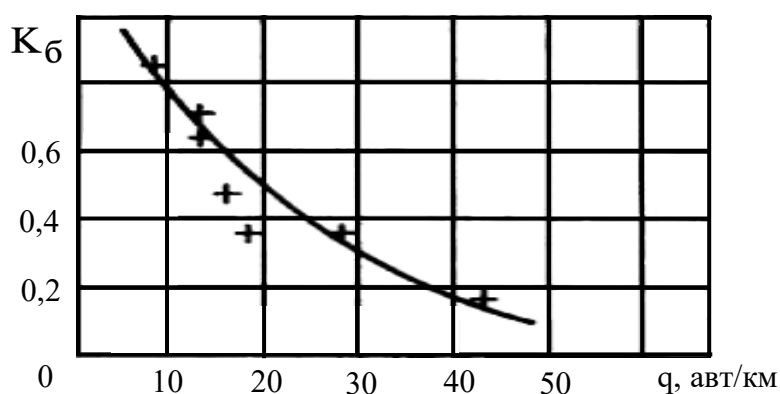


Рисунок 1.10 – Графік залежності коефіцієнта безпеки (K_b) від величини щільності транспортного потоку на міжнародних автомобільних дорогах [83].

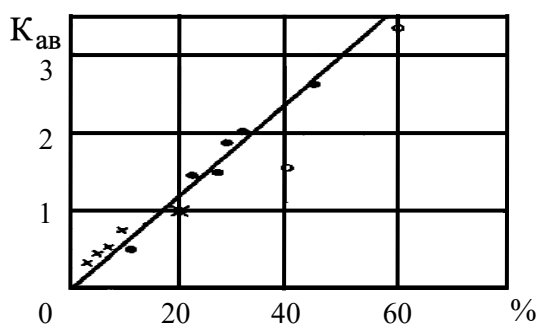


Рисунок 1.11 – Відносна кількість ДТП при збільшенні частки вантажних автомобілів та автобусів у складі транспортного потоку [81].

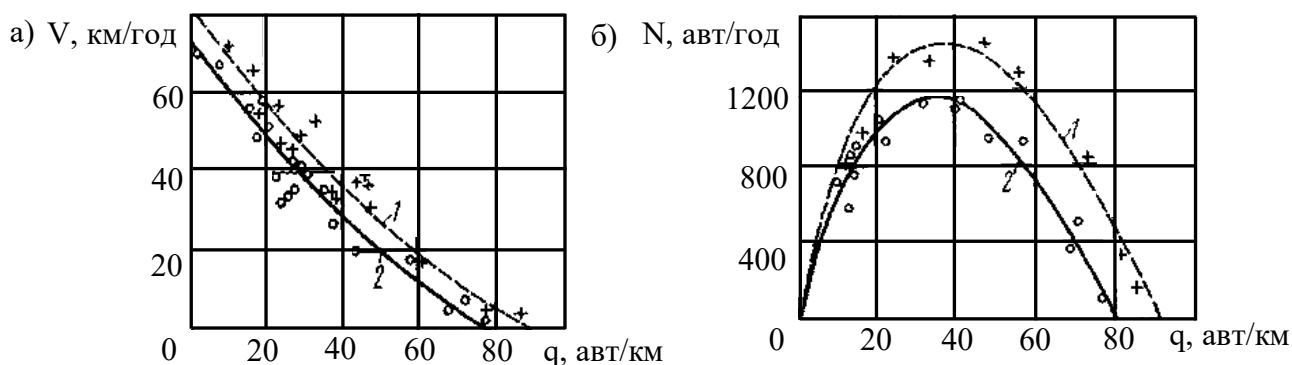


Рисунок 1.12 – Дослідження залежностей для транспортного потоку на чотирьох смугових автомобільних дорогах [81]: а) швидкість – щільність, б) інтенсивність – щільність, 1 – ліва смуга, 2 – права смуга.

Залежність на рис. 1.11 наглядно демонструє вплив наявності у складі транспортного потоку пасажирських маршрутних транспортних засобів на показники аварійності: відносна аварійність лінійно зростає. Вказана тенденція є дуже важливою, особливо її лінійний характер, це може бути головною теоретичною основою щодо розкриття безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту в умовах руху транспортних потоків на ділянках автомобільних доріг загального користування.

Залежності рис. 1.12 розкривають, що збільшення величини щільності транспортного потоку на міжнародні дороги суттєво знижує величину коефіцієнта безпеки при величині інтенсивності руху до 10 – 15 тис. авт/доб та величин швидкості руху 80 – 150 км/год, де має місце значення щільності до 20 авт/км. В свою чергу склад транспортного потоку впливає на відносну кількість ДТП.

Дослідження впливу транспортного потоку на рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування за величиною щільності вказав на наявність такого впливу. Дослідження вказують на зниження рівня безпеки руху при

збільшені кількості маршрутного транспорту у складі транспортного потоку, збільшується кількість ДТП та тенденція є лінійною. Постає необхідність дослідження нерівномірності руху транспортного потоку з врахуванням впливу пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

1.4 Висновки до розділу 1

Забезпечення безпеки руху на автотранспорті являє значний прояв відповідної наукової проблеми. На автомобільних дорогах вищих категорій відсутні перешкоди у вигляді перехресть на одному рівні пішохідних переходів, наявна заборона руху окремих учасників дорожнього руху та формуються значні величини швидкості руху через, що відбуваються ДТП з маршрутними транспортними засобами. ДТП з вказаними транспортними засобами мають максимальну тяжкість, що за сучасними дослідженнями викликана значними величинами швидкості руху. Вказана проблематика спостерігається в Світі й Європі, але показники аварійності в Україні вищі. Вищенаведене вказує на актуальність обраного напрямку наукового дослідження.

Рівень безпеки дорожнього руху при організації пасажирських маршрутних перевезень на автомобільних дорогах загального користування враховується опосередковано.

Сформулювати наступні об'єкт, предмет, та мету дослідження.

Мета дослідження – розробити метод підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування з урахуванням закономірностей нерівномірності руху пасажирського маршрутного транспорту.

Для досягнення мети роботи необхідно буде розв'язати наступні задачі:

- 1) провести аналіз існуючих досліджень з оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування;
- 2) розробити модель рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування;
- 3) розробити цільову функцію оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування;
- 4) розробити методику підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЬ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

2.1 Дослідження загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування.

Формування дорожнього руху на автомобільних дорогах загального користування є основним напрямком підвищення рівня безпеки руху на дорожній мережі України. Маршрутний транспорт формує суттєву складову у відповідному русі, а з погляду безпеки руху маршрутний пасажирський транспорт є найбільш впливовим.

Маршрутна мережа автобусних міжміських перевезень формується з окремих автобусних маршрутів. Кожен маршрут прийнято розглядати як послідовність перегонів між зупиночними пунктами, що у чітко визначеній послідовності з відповідними величинами швидкості руху та інтервалами у часі рухаються маршрутні транспортні засоби. Окремий маршрут руху прокладається по відповідним ділянкам вулично-дорожньої мережі в межах населених пунктів та поза ними.

На автомобільних дорогах загального користування маршрут представлено послідовністю ділянок автомобільних доріг та пересіченнями між ними, які формують окремі умови формування безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Пропонується розглядати структуру формування безпеки руху маршрутних транспортних засобів у вигляді, що представлений на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Структура формування безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Таким чином, пропонується розглядати безпеку руху пасажирського маршрутного транспорту у двох напрямках: безпеки руху на відповідному маршруті та безпеки руху в умовах транспортних потоків на автомобільних дорогах загального користування. За одиницю пасажирського маршрутного транспорту приймаємо автобус.

Рух пасажирських маршрутних транспортних засобів на підходах до границь перегонів визначається типом зупиночного пункту, що необхідно враховувати при розгляді питань безпеки руху на маршруті. При відсутності впливу особливостей організації дорожнього руху на кінематику руху автобусів на маршруті, єдиним, що передбачає зниження величини швидкості руху автобусу до повної зупинки, це є наявність зупиночних пунктів. Вплив зупинок на кінематику та динаміку руху пасажирських маршрутних транспортних засобів шляхом зупинення та зміни траєкторії руху необхідно обов'язково враховувати в дослідженнях рівня безпеки руху.

Тому опишемо принципи організації та роботи зупиночних пунктів:

– зупиночні пункти автобусного маршруту прийнято розділяти на постійні, тимчасові, пункти зупинок (за вимогою пасажирів) і кінцеві зупинки [43];

– постійні зупинки організують у пунктах утворення постійного пасажирообігу зі значним числом прийнятих пасажирів і пасажирів, що висаджуються, протягом дня [44]. Постійні зупинки, з погляду кінематики руху автобусів на маршруті, обумовлюють обов'язкову зупинку автобуса у визначеному місці. Вказані зупинки будемо враховувати при дослідженні рівня безпеки руху на маршруті;

– тимчасові зупинки організують у місцях, де пасажирообігу виникає або у визначені години доби, або у визначений час року (сезонні). Прогнозувати можливість зупинки автобуса на тимчасовій зупинці досить складно.

Зупинки за вимогою пасажирів встановлюють у місцях з малим, але періодично виникаючим пасажирообігом [45]. З урахуванням тих особливостей, що вказувалися за тимчасовими зупинками, у подальших дослідженнях рівня безпеки руху на маршруті зупинки за вимогою пасажирів враховувати також не будемо.

Кінцеві зупинки (станції) улаштовують на кінцевому пункті

маршруту, де відбуваються відпочинок і зміна автобусних бригад і контроль за роботою автобусів [46]. Особливості маневрування автобусів на майданчиках кінцевих зупинок мають важливе значення для рівня безпеки руху на маршруті, тому що можуть бути сполучені з основним транспортним потоком на ділянці вулично-дорожньої мережі.

Кінцеві пункти автобусних маршрутів, як правило, організуються в місцях великого припливу і скупчення пасажирів, що відносяться вокзали, пристані, ринки, стадіони, парки, театри, промислові підприємства, станції метро і т.п. [46], де також з визначеною специфікою організований рух основних транспортних потоків. На кінцевих пунктах маршруту звичайно обладнаються майданчики для розвороту та відстою автобусів.

При проектуванні схеми автобусних маршрутів застосовують паспорта відповідних доріг та схеми вулично-дорожніх мереж (ВДМ) міст, де вказуються вузли (центри мікрорайонів) і ребра (вулиці) мережі. Вказана робота дозволяє виконувати певний вибір варіантів зв'язку вузлів схеми шляхом вирішення транспортних задач, але це рішення повинне враховувати необхідність корекції ВДМ з погляду рівня безпеки руху на відповідних ділянках доріг.

Дорожні умови руху в вузлах та на ділянках вулично-дорожньої мережі, якими планується або проходить відповідний маршрут руху автобусів, є однаковими, як для транспортних потоків, що рухаються ними, так і для відповідних пасажирських маршрутних транспортних засобів. Зазначена особливість розкриває відсутність необхідності детального дослідження впливу дорожніх умов на рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту. Тобто вказаний вплив вже досліджений в умовах аналізу загального впливу дорожніх умов на рівень безпеки дорожнього руху [64].

Послідовний рух пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини можливо розглядати як складову

транспортного потоку, що рухається по дорозі.

Транспортні засоби пасажирського маршрутного транспорту рухається у складі транспортного потоку. Транспортні засоби пасажирського маршрутного транспорту можливо розглядати в межах формування схеми маршруту. Пасажирський маршрутний транспорт має в своєму складі досить визначений однотипний рухомий склад. Рухомий склад пасажирського маршрутного транспорту утворюється рухомим складом маршрутів, що проходять через ділянку автомобільної дороги; величиною швидкості руху відповідних транспортних засобів; кількістю транспортних засобів на маршруті та довжиною кожного маршруту.

Аналіз пасажирського маршрутного транспорту дозволяє запропонувати систему взаємодії трьох елементів:

- “транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту”;
- “інші транспортні засоби потоку”;
- “дорожні умови”.

Необхідно дослідити безпеку дорожнього руху в рамках системи: “транспортні засобів пасажирського маршрутного транспорту” – “інші транспортні засоби потоку”.

З вказаних трьох взаємодій дві перші досліджені у роботах [56 – 59, 93].

Взаємодія “транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту” – “інші транспортні засоби потоку” є недослідженою, особливо, з погляду безпеки дорожнього руху, що буде надалі досліджено.

За геометричними, кінематичними та динамічними характеристиками пасажирські маршрутні транспортні засоби також суттєво відрізняються від транспортних засобів транспортного потоку. У своїй більшості пасажирські маршрутні транспортні засоби, це велико габаритні, великовантажні та тихохідні транспортні засоби, що суттєво обмежують величину швидкості транспортних засобів, оглядовість для відповідних водіїв, що рухають в безпосередній близькості до маршрутного транспортного засобу.

Пасажирський маршрутний транспорт можливо описати за допомогою величин швидкості, кількості маршрутних транспортних засобів та інтенсивності руху.

Величина швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту наближується одна до одної та наближуються до величини швидкості руху, що встановлена на маршруті.

Зі всього складу транспортного потоку тільки пасажирські маршрутні транспортні засоби мають чітко рекомендовану величину швидкості руху й це є досить важливим аспектом формування умов безпеки руху таких транспортних засобів в транспортному потоці, де швидкість руху формується умовами організації, рівня безпеки руху та наявним транспортним потоком на відповідній ділянці дороги.

Рух маршрутних транспортних засобів з визначеними інтервалами у часі та відповідною величиною швидкості руху теоретично виключає можливість скоєння ДТП між транспортними засобами окремого маршруту, що у свою чергу вказує на досить суттєві обмеження можливих випадків скоєння вказаних ДТП.

Якщо розглядати рух пасажирських маршрутних транспортних засобів по ділянці дороги, можливо сформулювати послідовність визначення величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

В залежності від того, скільки пасажирських маршрутних транспортних засобів за відповідними маршрутами рухають на ділянці дороги з фіксованими значеннями швидкості руху, можливо розрахувати величину швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту за наступною формулою:

$$V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}, \quad (2.1)$$

де V_m – величина швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорт, м/с;

m_i – кількість маршрутів, що пролягають ділянкою автомобільної дороги, од;

δ_i – частка пасажирських маршрутних транспортних засобів i -го маршруту з транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, од;

є умова:

$$\sum_{i=1}^m \delta_i = 1, \quad (2.2)$$

V_{m_i} – технічна швидкість руху пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухають i -тим маршрутом, м/с.

Величина інтенсивності маршрутного транспорту є теж визначеною характеристикою за рахунок нормування інтервалу руху автобусів у часі.

Величину інтенсивності маршрутного транспорту на досліджуваній ділянці дороги можливо визначити за наступною формулою:

$$N_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \quad (2.3)$$

де N_m – величина інтенсивності руху маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги, авт/с;

I_i – інтервал руху пасажирських маршрутних транспортних засобів i -го маршруту, с.

Щільність руху транспортного потоку маршрутного транспорту є також досить визначеною, що забезпечується наявністю відповідних маршрутів на ділянці дороги та інтервалами у часі руху маршрутних транспортних засобів по вказаній ділянці дороги за вказаними маршрутами. Значення інтервалів руху між пасажирськими маршрутними транспортними

засобами у просторі можливо розрахувати за допомогою відомих співвідношень для рівномірного руху:

$$q_m = \frac{\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}}{\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}}, \quad (2.4)$$

де q_m – величина щільності руху пасажирського маршрутного транспорту, авт/м.

Стан транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту можливо визначити з застосуванням попередніх характеристик у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} N_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \\ V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}, \\ q_m = \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1}. \end{cases} \quad (2.5)$$

Для пасажирського маршрутного транспорту повинне виконуватися основне рівняння транспортного потоку, що при застосуванні двох характеристик (2.5) третя – розрахункова, буде мати усереднене значення та стан потоку буде оцінений у вигляді його усередненої моделі руху через поперечний переріз дороги. Величина щільності потоку буде усереднена. Величина інтенсивності руху потоку буде усереднена [25, 57, 59]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{q}_m = \frac{N_m}{V_m}, \\ N_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \\ V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}. \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \bar{N}_m = q_m \cdot V_m, \\ V_m = \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i}, \\ q_m = \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1}. \end{array} \right. \quad (2.6)$$

2.2 Вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування

Згідно результатів дослідження попереднього підрозділу рух пасажирського маршрутного транспорту у складі транспортного потоку на ділянках ВДМ оказує суттєвий вплив на інші транспортні засоби потоку та на рівень безпеку руху в потоці в цілому.

Вплив пасажирського маршрутного транспорту на інші транспортні засоби, можливо відслідкувати за трьома основними напрямками, відповідно до положень теорії транспортного потоку [25, 57, 59]:

- взаємодія на інженерно-психологічному рівні аналізу транспортного потоку: вплив реакції водія;
- взаємодія на мікрорівні: енергетичні характеристики;
- взаємодія на макрорівні: вплив маршрутного транспорту на ділянці дороги.

Вплив пасажирського маршрутного транспорту на транспортні засоби потоку відбувається шляхом відносних змін його основних характеристик: відхилення величин швидкості руху, інтенсивності та щільності.

Прагнення характеру руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту до стаціонарності дозволяє взаємодію розкривати відносно їх характеристик.

З урахуванням сформульованих характеристик транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту (2.1) – (2.6) та середніх квадратичних відхилень можливо записати співвідношення для характеристики зазначених відхилень.

Відхилення величини інтенсивності руху сприяє змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню:

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_i - N_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(N_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2, \quad (2.7)$$

де σ_N – середнє квадратичне відхилення величини інтенсивності транспортного потоку від величини інтенсивності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, авт/с;

n – кількість спостережень значень величини інтенсивності руху транспортного потоку у поперечному перерізі дороги, од;

N_i – i -е значення інтенсивності руху транспортного потоку у поперечному перерізі дороги, авт/с.

Відхилення величини швидкості руху також сприяє частим змінам смуги руху, що обумовлює швидке зростання або скорочення дистанцій між транспортними засобами:

$$\sigma_{V_{\Pi}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{\Pi i} - V_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{\Pi i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \quad (2.8)$$

де $\sigma_{V_{\Pi}}$ – середнє квадратичне відхилення величини швидкості транспортних засобів транспортного потоку від величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту у

поперечному перерізі дороги, м/с;

n – кількість спостережень значень величини швидкості руху транспортного потоку у поперечному перерізі або на ділянці дороги визначеної довжини, од;

V_{Pi} – i -е значення величини швидкості руху транспортного потоку, м/с.

Зміна величини щільності руху також сприяє змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню, що обумовлює наявність груп транспортних засобів між послідовними пасажирськими маршрутними транспортними засобами:

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(q_i - \left(\left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1} \right) \right)^2, \quad (2.9)$$

де σ_q – середнє квадратичне відхилення величини щільності руху транспортного потоку від величини щільності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, авт/м;

n – кількість спостережень значень щільності руху транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини, од;

q_i – i -е значення щільності руху транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини, авт/м.

Запропоновані відхилення характеристик транспортного потоку від характеристик пасажирських маршрутних транспортних засобів зведені у загальну характеристику впливу, що розглядається, на макрорівні:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_i - N_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(N_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2, \\ \sigma_{V_n}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{n_i} - V_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{n_i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\ \sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(q_i - \left(\left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1} \right) \right)^2. \end{array} \right. \quad (2.10)$$

Необхідність застосування мікроскопічного підходу пов'язана з наявністю у транспортному потоці пасажирських маршрутних транспортних засобів, маневрів зупинки на відповідному пункті. Вказане явище має мікроскопічний рівень та потребує застосування відповідного підходу.

В теорії транспортних потоків взаємодію транспортних засобів в межах ділянки дороги визначеної довжини прийнято характеризувати за допомогою характеристик рівномірності руху транспортних засобів [59].

Класичними характеристиками взаємодії транспортних засобів у транспортному потоці прийнято [57 – 59]:

- шум швидкості;
- шум прискорення;
- шум “енергії”.

Математичний запис зазначених характеристик прийнято розкривати у наступному вигляді [57]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - v_{cp})^2, \\ \sigma_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - a_{cp})^2, \\ \sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i - (a_i v_i)_{cp})^2, \end{array} \right. \quad (2.11)$$

де σ_v – середнє квадратичне відхилення величини швидкостей руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, м/с;

σ_a – середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, м/с²;

σ_k – середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, м²/с³;

n – кількість транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини, од.;

v_i – миттєва швидкість i -го транспортного засобу, що знаходився на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с;

a_i – миттєве прискорення i -го транспортного засобу, що знаходився на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с²;

V_{cp} – середнє арифметичне значення швидкостей транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с;

a_{cp} – середнє арифметичне значення прискорень транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с.

Вплив транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на мікрорівні пропонується розкрити шляхом введення у залежності (2.11) замість середніх арифметичних значень величин, значень для пасажирських маршрутних транспортних засобів, характеристики руху транспортного потоку з яких прагнуть до стаціонарних.

З урахуванням вказаного наводимо наступні формули:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - v_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\ \sigma_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - a_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \right) \right)^2, \\ \sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i - (a_i v_i)_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \end{array} \right. \quad (2.12)$$

де σ_v – середнє квадратичне відхилення швидкостей руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м/с;

σ_a – середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м/с²;

σ_k – середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м²/с³;

n – кількість транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, од;

m – кількість маршрутів, що пролягають через досліджувану ділянку дороги, од;

V_m – середнє значення швидкостей пасажирських маршрутних транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с;

a_m – середнє значення прискорень пасажирських маршрутних транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с².

V_{m_i} – миттєва швидкість i -го пасажирського маршрутного транспортного засобу, що знаходився на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с;

a_{m_i} – миттєве прискорення i -го пасажирського маршрутного транспортного засобу, що знаходився на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, м/с².

Надалі розглянемо взаємодію відповідних транспортних засобів на інженерно-психологічному рівні у вигляді сумісного руху транспортних засобів потоку з пасажирськими маршрутними транспортними засобами на ділянці дороги визначеної довжини. Взаємодія на вказаному рівні відбувається в межах дій водіїв відповідних транспортних засобів.

Одночасний рух в межах складової транспортного потоку з транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини призводить до появи наступних додаткових обмежень та ускладнень:

- загальне ускладнення руху у зв'язку з появою додаткових транспортних засобів – пасажирських маршрутних, що мають інші характеристики зовнішньої інформативності;

- створення додаткових обмежень видимості та оглядовості для водіїв різних транспортних засобів;

- створення додаткових обмежень у виборі швидкості руху та відповідної траєкторії руху.

Вказані ускладнення насамперед призводять до додаткової втоми водіїв, що відбивається у збільшенні відповідного часу реакції та з відповідним зниженням рівня безпеки руху. Пропонується на інженерно-психологічному рівні аналізу транспортних потоків у якості характеристики впливу маршрутного транспорту прийняти значення часу реакції водія в межах визначеної ділянки дороги або в межах відповідного маршруту.

Зміну часу реакції водіїв при впливі маршрутного транспорту будемо розглядати за формулою:

$$\sigma_{t_p}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{p_i} - t_{p_m})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(t_{p_i} - \left(\sum_{i=1}^m t_{pm_i} \right) \right)^2, \quad (2.13)$$

де σ_{t_p} – середнє квадратичне відхилення часу реакції водіїв транспортних

засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення часу реакції водіїв пасажирських маршрутних транспортних засобів, с;

n – кількість транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, од;

t_{p_i} – час реакції водіїв транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, с;

t_{pm_i} – час реакції водіїв пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, с;

t_{p_m} – середнє значення часу реакції водіїв пасажирських маршрутних транспортних засобів, с.

Значення σ_{t_p} має теоретичну цінність. З практичної точки зору провести натурні дослідження досить складно. Тому пропонується провести аналогією за дистанціями між транспортними засобами у відповідній складовій транспортного потоку з транспортних засобів, водії яких підтримують відповідно до особистих міркувань щодо часу реакції на

можливі зміни в русі. Формулу для σ_{t_p} наведемо у наступному вигляді:

$$\sigma_L^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i - L_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(L_i - \left(\sum_{i=1}^m L_{m_i} \right) \right)^2, \quad (2.14)$$

де σ_L – середнє квадратичне відхилення дистанцій транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення дистанцій пасажирських маршрутних транспортних засобів, м;

n – кількість транспортних засобів, що знаходилися на ділянці дороги визначеної довжини у момент часу проведення вимірювань, од;

L_i – дистанції, що підтримують водії транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, м;

L_{m_i} – дистанції, що підтримують водії пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, м;

L_m – середнє значення дистанцій, що підтримують водії пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини, м.

Безпека руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування розглядається, як використання наступної групи значень середніх квадратичних відхилень характеристик руху транспортних засобів потоку відносно характеристик руху пасажирського маршрутного транспорту.

Вказані відхилення отримані для трьох рівнів аналізу транспортного потоку у наступному вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_i - N_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(N_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2, \\
\sigma_{V_n}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{n_i} - V_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{n_i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\
\sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(q_i - \left(\left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1} \right) \right)^2, \\
\sigma_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - v_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\
\sigma_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - a_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \right) \right)^2, \\
\sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i V_i - (a_i V_i)_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i V_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \cdot V_{m_i} \right) \right)^2, \\
\sigma_L^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i - L_m)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(L_i - \left(\sum_{i=1}^m L_{m_i} \right) \right)^2.
\end{array} \right. \quad (2.15)$$

2.3 Висновки до розділу 2

У розділі вирішена друга задача дисертації розробити модель рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Отримані закономірності залежності рівня потенційної безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту від величини відхилень енергетичних та кінематичних показників маршрутних транспортних засобів від загальних показників транспортного потоку.

Чинники потенційної безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту формалізовані як сукупність характеристик руху на макроскопічному, мікроскопічному та інженерно-психологічному рівнях

аналізу транспортного потоку, що дозволяють на первинних етапах оцінювати рівень безпеки руху.

Отримані значення діапазонів відхилень характеристик для максимізації рівня потенційної безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Надалі необхідно розробити відповідну цільову функцію оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту, навести шкалу оцінки для вказаної функції та необхідну методику роботи з вказаною цільовою функцією.

Результати розділу опубліковані у [94 – 96, 125, 126].

РОЗДІЛ 3

ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

3.1 Дослідження характеристик нерівномірності руху транспортного потоку відносно транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на предмет оцінки ними рівня безпеки руху

Безпека руху – характеристика дорожнього руху, що виражається аварійністю [91]. З вказаного поняття випливає необхідність пошуку формалізованого зв'язку наведених у попередньому розділі характеристик нерівномірності з характеристиками аварійності або узагальненими випадками ДТП.

Послідовно розглянемо кожен з характеристик та розкриємо, який бік процесу скоєння ДТП вона відображає. Це надалі дозволить сформулювати відповідну цільову функцію оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

З початку розглянемо характеристики нерівномірності руху транспортних засобів потоку відносно транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту для макроскопічного рівня теорії транспортного потоку.

Відхилення величини інтенсивності руху сприяє змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню і пропонується записувати наступним чином:

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(N_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{t_i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2, \quad (3.1)$$

де t_i – часовий інтервал слідування між транспортними засобами в потоці на ділянці дороги визначеної довжини, с.

Числове значення (3.1) наближується до нуля в умовах рівності величин інтенсивності руху транспортного потоку та пасажирського маршрутного транспорту. На практиці вказана рівність не можлива, величина інтенсивності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту суттєво менше загальної величини інтенсивності руху. Тому середнє квадратичне відхилення величини інтенсивності руху буде мати значення, що в подальшому буде враховано в цільовій функції.

Вираз (3.1) розкриває співвідношення між часовими інтервалами руху в транспортному потоці і між транспортними засобами пасажирського маршрутного транспорту. З погляду рівня безпеки руху інтервали слідування у часі між транспортними засобами повинні дозволяти послідовний рух з мінімальними величинами інтенсивності зміни смуги руху.

Послідовність у русі транспортного потоку, при збільшенні частки пасажирських маршрутних транспортних засобів, можливо забезпечити, якщо буде виконуватися умова кратності інтервалів руху всіх транспортних засобів мінімальному інтервалу, що спостерігається у транспортному потоці.

Вказану вимогу кратності інтервалів досліджували вчені у [97] на предмет її застосування на сумісних ділянках маршрутів на вулицях міст. Отримані результати вимагали наступного. При проєктуванні маршрутів та проведенні відповідних розрахунків до уваги необхідно брати всі маршрути, що присутні на відповідних ділянках доріг, серед яких необхідно обрати мінімальний та прийняти його у якості еталону, відносно якого всі інші інтервали руху приводяться до відповідної кратності шляхом внесення корегування у розклад руху.

При суміщенні руху відповідних маршрутних транспортних засобів формується рух з мінімальним інтервалом, що дорівнює половині

прийнятого за еталон. Забезпечення кратності інтервалів досягається доданням або виключенням певної кількості автобусів з маршруту.

Пропонується вказані розробки застосовувати для пасажирських маршрутних транспортних засобів транспортного потоку, що дозволить виключити зміни смуг руху в межах вказаного потоку.

Рух транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини формується у природних умовах та інтервали руху мають різні значення, що змінюються у просторі та часі. Їх мінливість супроводжується мінливістю інтенсивності руху за часом. Вказані особливості транспортного потоку не дозволяють виконати відповідні дії щодо забезпечення послідовного руху шляхом забезпечення відповідної кратності величини інтервалів руху.

Але є можливість зменшення вказаних відхилень шляхом наближення значення величини середнього інтервалу руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту до кратності середньому інтервалу руху у транспортному потоці:

$$\bar{I} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot I_i, \quad \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3.2)$$

$$\frac{\bar{I}}{\bar{t}} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot I_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{n}{m} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \rightarrow Z, \quad (3.3)$$

де \bar{I} – середній арифметичний інтервал руху у транспортному потоці пасажирського маршрутного транспорту, с;

\bar{t} – середній арифметичний інтервал руху у транспортному потоці, с;

Z – множина цілих цифр, що забезпечує наявність відповідної кратності інтервалів руху.

З урахуванням (3.2) та (3.3) можливо записати значення середнє квадратичного відхилення величини інтенсивності транспортного потоку від величини інтенсивності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати потоку з мінімальною кількістю змін смуг руху у вигляді залежності:

$$\left(\sigma_N^2\right)_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\bar{t}} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\bar{t}} - \frac{1}{I} \right)^2 = \left(\frac{1}{\bar{t}} - \frac{1}{I} \right)^2, \quad (3.4)$$

$$\left(\sigma_N^2\right)_0 = \frac{1}{\bar{t}^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{Z} \right)^2, \quad (3.5)$$

де $\left(\sigma_N\right)_0$ – середнє квадратичне відхилення величини інтенсивності транспортного потоку від величини інтенсивності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам руху з мінімальною кількістю змін смуг руху, авт/с.

Значення (3.5) у складової транспортного потоку з (3.1) уособлює характеристику безпеки сумісного руху відповідних транспортних засобів, що пропорційна зміні кількості ДТП у вигляді бічних зіткнень транспортних засобів при виконанні маневрів зміни смуги руху у транспортному потоці, де наявні пасажирські маршрутні транспортні засоби:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_N^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{t_i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} \right) \right)^2, \\ \left(\sigma_N^2\right)_0 = \frac{1}{\bar{t}^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{Z} \right)^2, \\ \sigma_N^2 \neq \left(\sigma_N^2\right)_0. \end{array} \right. \quad (3.6)$$

Відхилення величини швидкості руху також сприяє змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню і обумовлює швидке зростання або скорочення дистанцій між транспортними засобами.

Запис відхилень для проведення підрахунків та подальших досліджень буде мати наступний вигляд:

$$\sigma_{V_{\Pi}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{\Pi i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2. \quad (3.7)$$

Значення швидкостей руху транспортних засобів у складовій транспортного потоку на ділянці дороги, що визначає транспортний потік, повинні наближатися одне до одного. Дорожньо-транспортна ситуація, де неможливе ДТП у вигляді зіткнення або наїзду, спостерігається, коли швидкості транспортних засобів рівні. Тобто, транспортні засоби у потоці їдуть з однаковими незмінними інтервалами руху у часі та просторі.

У вказаному випадку виключаються маневри зміни смуги руху, маневри розгону та гальмування поодиноких транспортних засобів. Для попередження ДТП водій повинен мати відповідний час на реакцію та виконання відповідного маневру щодо зміни траєкторії руху перед маршрутним транспортним засобом, що наближається.

Швидкість наближення дорівнює різниці величини швидкості руху відповідних транспортних засобів:

$$v_{\Pi i} = \frac{l_i}{t_i},$$

$$t_{H_i} = \frac{l_i}{v_{\Pi i} - v_{m_i}} = \frac{l_i}{\Delta v_i} > t_{p_i} + t_{m_i}, \quad (3.8)$$

де t_{H_i} – час наближення транспортних засобів при наявності відповідної різниці величин швидкості руху, с;

l_i – значення інтервалу руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту, м;

Δv_i – різниця величини швидкості руху між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту, що слідує послідовно один за другим, м/с;

t_{p_i} – час реакції водія транспортного засобу, що рухається наступним за “лідером”, на його наближення до попереднього транспортного засобу, с;

t_{m_i} – час на виконання транспортним засобом маневру гальмування до рівності відповідних величин швидкостей руху, с.

Якщо умова (3.8) виконується, то водій має технічну можливість попередити скоєння ДТП у вигляді попутного зіткнення транспортних засобів. Якщо умова не виконується, то настають умови, при яких імовірність скоєння ДТП суттєво зростає.

З урахуванням умови (3.8) можливо отримати значення середнього квадратичного відхилення величини швидкості руху транспортного потоку від величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту у поперечному перерізі дороги або на ділянці дороги визначеної довжини, що обмежує максимальне його значення, при якому може не виконуватися умова (3.8):

$$t_{H_i} = \frac{l_i}{v_{\Pi_i} - v_{m_i}} = \frac{l_i}{\Delta v_i} > t_{p_i} + t_{m_i}, \quad (3.9)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{\Pi_i} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i} = \bar{v}_{\Pi} - \bar{v}_m. \quad (3.10)$$

З урахуванням (3.9) та (3.8) для транспортного потоку, де величина швидкості руху транспортних засобів дорівнюють середнім значенням для потоку, можливо записати усереднене співвідношення величин швидкостей руху:

$$\bar{v}_{\Pi} - \bar{v}_m = \frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}. \quad (3.11)$$

Залежності (3.8) – (3.11) дають можливість отримати значення середнього квадратичного відхилення величини швидкості транспортного потоку від величини швидкості транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту у поперечному перерізі дороги або на ділянці дороги визначеної довжини для умов скоєння ДТП у вигляді побіжного зіткнення транспортних засобів:

$$\left(\sigma_{V_{\Pi}}^2\right)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\bar{v}_{\Pi} - \left(\sum_{i=1}^m \bar{v}_m \right) \right)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{v}_{\Pi} - \bar{v}_m)^2 = \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m} \right)^2, \quad (3.12)$$

де $\left(\sigma_{V_{\Pi}}\right)_m$ – середнє квадратичне відхилення величини швидкості руху транспортних засобів потоку від величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам скоєння ДТП у вигляді попутного зіткнення транспортних засобів при виконанні маневрів зміни смуги руху, м/с.

Значення (3.7) у складової транспортного потоку з (3.12) уособлює характеристику безпеки сумісного руху відповідних транспортних засобів, що пропорційна зміні кількості ДТП у вигляді попутних зіткнень транспортних засобів у транспортному потоці, де наявні пасажирські маршрутні транспортні засоби:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{V_{\Pi}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_{\Pi i} - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\ \left(\sigma_{V_{\Pi}}^2 \right)_m = \left(\frac{\bar{I}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m} \right)^2, \\ 0 < \sigma_{V_{\Pi}}^2 < \left(\sigma_{V_{\Pi}}^2 \right)_m. \end{array} \right. \quad (3.13)$$

З урахуванням розробок попереднього розділу роботи відхилення величини щільності руху також сприяє змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню і обумовлює наявність груп транспортних засобів між послідовними пасажирськими маршрутними транспортними засобами, впливає на втомленість водія. Проведення розрахунку вказаного значення та подальших досліджень буде мати наступний вигляд:

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i} - \left(\left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{l_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1} \right) \right)^2. \quad (3.14)$$

Значення величини щільності руху транспортних засобів на ділянці дороги, що визначає транспортний потік, повинні наближатися одне до одного. Дорожньо-транспортна ситуація, де неможливе ДТП у вигляді зіткнення або наїзду з пасажирським маршрутним транспортним засобом, спостерігається, коли величина щільності руху вказаних засобів наближується до нуля або величина щільності руху є однаковими та незмінними за інтервалами руху у часі та просторі.

У вказаному випадку також виключаються маневри зміни смуги руху, маневри розгону та гальмування поодиноких транспортних засобів. Рівність величини щільності руху транспортного потоку та транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту вимагає, щоб значення (3.14)

дорівнювало нулю. Урахування вимоги мінімальної величини щільності руху пасажирських маршрутних транспортних засобів (3.14) буде мати наступне значення:

$$\left(\sigma_q^2\right)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2, \quad (3.15)$$

де $\left(\sigma_q\right)_m$ – середнє квадратичне відхилення величини щільності руху транспортних засобів потоку від величини щільності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам скоєння ДТП у вигляді побіжного зіткнення транспортних засобів при завершенні виконання маневрів інтенсивної зміни смуги руху, авт/м.

З урахуванням вказаних умов значення (3.14) у складовій транспортного потоку з (3.15) уособлює характеристику безпеки сумісного руху відповідних транспортних засобів, що пропорційна зміні кількості ДТП у вигляді зіткнень транспортних засобів у транспортному потоці, де наявні пасажирські маршрутні транспортні засоби:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_q^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i} - \left(\left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot \frac{1}{l_i} \right) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right)^{-1} \right) \right)^2, \\ \left(\sigma_q^2\right)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2, \\ 0 < \sigma_q^2 < \left(\sigma_q^2\right)_m. \end{array} \right. \quad (3.16)$$

Надалі розглянемо характеристики впливу пасажирських маршрутних транспортних засобів на характеристики транспортного потоку для мікрорівня:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\ \sigma_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \right) \right)^2, \\ \sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \cdot v_{m_i} \right) \right)^2. \end{array} \right. \quad (3.17)$$

У складової транспортного потоку з транспортних засобів, що здійснюють рух автомобільною дорогою разом з пасажирськими маршрутними транспортними засобами, необхідною умовою відповідно до досліджень [57] є мінімізація значення вказаних трьох характеристик. Надалі розглянемо окремо вказані характеристики.

У середньому квадратичному відхиленні величин швидкостей руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту повинно спостерігатися мінімальне відхилення величин швидкостей руху, що дозволить мінімально маневрувати та зменшувати маневри розгону, гальмування та зміни смуги руху.

З урахуванням вказаного значення (3.17) σ_v уособлює характеристику безпеки сумісного руху транспортних засобів, що пропорційна зміні кількості ДТП у вигляді побіжних зіткнень транспортних засобів за участю пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\ \left(\sigma_v^2 \right)_m = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i} \right)^2, \\ 0 < \sigma_v^2 < \left(\sigma_v^2 \right)_m. \end{array} \right. \quad (3.18)$$

де $(\sigma_v)_m$ – середнє квадратичне відхилення величин швидкостей руху транспортних засобів потоку від величин швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам скоєння ДТП у вигляді попутних та бічних зіткнень транспортних засобів при виконанні маневрів зміни смуги руху поодинокими транспортними засобами, м/с.

Середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, з урахуванням вимог підтримання постійними величини технічної швидкості руху пасажирських маршрутних транспортних засобів, повинне наближуватися до значення:

$$\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \rightarrow 0, \quad (3.19)$$

$$(\sigma_a^2)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2. \quad (3.20)$$

Враховуючи (3.20) σ_a уособлює характеристику безпеки, що пропорційна зміні кількості ДТП у вигляді бічних зіткнень транспортних засобів, що виконують маневри розгону та гальмування при зміні смуги руху за участю пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \right) \right)^2, \\ (\sigma_a^2)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2, \\ 0 < \sigma_a^2 < (\sigma_a^2)_m \end{array} \right., \quad (3.21)$$

де $(\sigma_a)_m$ – середнє квадратичне відхилення прискорення транспортних засобів потоку від прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам скоєння ДТП у вигляді бічних зіткнень транспортних засобів при початку та завершенні виконання маневрів розгону та гальмування при зміні смуги руху поодинокими транспортними засобами, м/с².

Середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту розкриває більш глибоко взаємодію транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини.

За дослідженнями [25, 98 – 99] з урахуванням маси транспортних засобів вказана характеристика описує інерційну потужність транспортних засобів при їх взаємодії з поверхньою дорожнього покриття, та розкриває тяжкість ДТП, що відбуваються на ділянці дороги, що розглядається.

Значення прискорень пасажирських маршрутних транспортних засобів повинні наближуватися до нуля з урахуванням нормування величин технічної швидкості руху. Тому в такому випадку значення середнього квадратичного відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту повинно наближуватися до наступного:

$$(\sigma_k^2)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2, \quad (3.22)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(a_i v_i - \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \cdot a_{m_i} \cdot v_{m_i} \right) \right)^2, \\ \left(\sigma_k^2 \right)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2, \\ 0 < \sigma_k^2 < \left(\sigma_k^2 \right)_m, \end{array} \right. \quad (3.23)$$

де $\left(\sigma_k \right)_m$ – середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів потоку від “кінетичної енергії” руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам скоєння ДТП у вигляді зіткнень транспортних засобів при виконанні маневрів розгону та гальмування при зміні смуги руху поодинокими транспортними засобами, $\text{м}^2/\text{с}^3$.

Надалі розглянемо характеристики впливу пасажирських маршрутних транспортних засобів на характеристики транспортного потоку для інженерно-психологічного рівня.

У попередньому розділі було з’ясовано, що на інженерно-психологічному рівні вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку відбувається на рівні відхилення значення часу реакції водіїв відповідно транспортних засобів потоку та маршрутних транспортних засобів, що було запропоновано відображати за допомогою аналізу дистанцій, що підтримують відповідні транспортні засоби з метою забезпечення безпеки руху:

$$\sigma_L^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(L_i - \left(\sum_{i=1}^m L_{m_i} \right) \right)^2. \quad (3.24)$$

Відповідно до досліджень ергономіки [100 – 102] дії водіїв в процесі руху у відповідності з правилами руху повинні бути виважені та мати відповідну швидкість свого виконання.

Підтримка водіями належно безпечної дистанції між транспортними засобами є основною задачею при русі у транспортному потоці. Відповідний час реакції водія та його рівень фахової підготовленості сумісно з досвідом водіння уособлюються у довжині безпечної дистанції руху, що відповідний водій повинен підтримувати. Вказана дистанція має бути більшою зупиночного шляху транспортного засобу до умов зменшення величини швидкості руху до величини швидкості попереднього транспортного засобу. Вплив пасажирського маршрутного транспорту передбачає в якості попереднього транспортного засобу для ситуації, що вказана вище, необхідно прийняти пасажирський маршрутний транспортний засіб.

Значення мінімальної дистанції між транспортними засобами, за умов скоєння ДТП у вигляді побіжного зіткнення, з урахуванням зменшення величини швидкості руху до їх рівності:

$$L_{oi} = (t_{1i} + t_{2i} + 0,5 \cdot t_{3i}) \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{mi}^2}{2j_i} = T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{mi}^2}{2j_i}, \text{ м, (3.25)}$$

$$L_{omi} = (t_{1mi} + t_{2mi} + 0,5 \cdot t_{3mi}) \cdot v_{mi} + \frac{v_{mi}^2 - v_i^2}{2j_{mi}} = T_{mi} \cdot v_{mi} + \frac{v_{mi}^2 - v_i^2}{2j_{mi}}, \text{ м (3.26)}$$

де L_{oi} , L_{omi} – мінімальна дистанція між транспортними засобами: між транспортним засобом та пасажирським маршрутним транспортним засобом, м;

t_{1i} , t_{1mi} – час реакції водія відповідного транспортного засобу, с;

t_{2i} , t_{2mi} – час спрацювання гальмівної системи відповідного транспортного

засобу, с;

t_{3_i} , $t_{3_{m_i}}$ – час зростання сповільнення відповідного транспортного засобу, с;

j_i , j_{m_i} – сповільнення руху відповідного транспортного засобу, м/с².

Транспортні засоби, що рухають з однаковими дистанціями, що складають (3.25) та (3.26) формують значення відхилення часів реакції (3.24) у вигляді:

$$\left(\sigma_L^2\right)_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right| - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right| \right) \right)^2, \quad (3.27)$$

де $\left(\sigma_L\right)_0$ – середнє квадратичне відхилення дистанцій між транспортними засобами потоку від дистанцій, що підтримують транспортні засоби пасажирського маршрутного транспорту, що буде відповідати умовам скоєння ДТП у вигляді попутного зіткнення транспортних засобів при виконанні маневрів розгону та гальмування поодинокими транспортними засобами, м.

З урахуванням (3.27) σ_L^2 уособлює характеристику безпеки сумісного руху відповідних транспортних засобів, що пропорційна зміні кількості ДТП у вигляді попутних зіткнень транспортних засобів, що виконують маневри розгону та гальмування, за участю пасажирських маршрутних транспортних засобів:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_L^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(L_i - \left(\sum_{i=1}^m L_{m_i} \right) \right)^2, \\ \left(\sigma_L^2 \right)_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right| - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right| \right) \right)^2, \\ \sigma_L^2 \geq \left(\sigma_L^2 \right)_0. \end{array} \right. \quad (3.28)$$

Наведені відповідні характеристики впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку, що дозволяють опосередковано оцінювати рівень безпеки руху. Отримані значення граничних значень характеристик. Вказані необхідні інтервали зміни розроблених характеристик для забезпечення мінімального сприяння у взаємодії вказаних транспортних потоків скоєнню ДТП.

3.2 Цільова функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування

З урахуванням проведених попередніх досліджень [103, 104] кожна з запропонованих характеристик впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку була трансформована в оцінну характеристику рівня безпеки сумісного руху вказаних транспортних засобів.

Наведемо цільову функцію оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування за відповідними рівнями аналізу взаємодії відповідних транспортних засобів, що досліджуються:

- на макрорівні аналізу;
- на мікрорівні аналізу;
- на інженерно-психологічному рівні аналізу.

На макрорівні аналізу взаємодії транспортних засобів, що досліджуються, було запропоновано оцінки (3.6), (3.13) та (3.16). Пропонується загальний показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на макрорівні. Проводимо запис за логічними міркуваннями щодо взаємного співвідношення між характеристиками з урахуванням того, що вони є всі розмірними величинами:

$$\Delta_1 = \sqrt{\frac{\sigma_N^2 + \sigma_q^2 \cdot \sigma_{V_{\Pi}}^2}{2}}, \quad (3.29)$$

де Δ_1 – показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на макрорівні, авт/с.

З урахуванням попередніх розробок (3.6), (3.13) та (3.16) для значення (3.29) отримаємо оцінні межі його зміни:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\sigma_N^2)_0 = \frac{1}{\bar{t}^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{Z}\right)^2, \\ \sigma_N^2 \neq (\sigma_N^2)_0. \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} (\sigma_{V_{\Pi}}^2)_m = \left(\frac{\bar{t}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2, \\ 0 < \sigma_{V_{\Pi}}^2 < (\sigma_{V_{\Pi}}^2)_m. \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} (\sigma_q^2)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2, \\ 0 < \sigma_q^2 < (\sigma_q^2)_m. \end{array} \right. \quad (3.30)$$

$$\Delta_{1\max} = \sqrt{\frac{(\sigma_N^2)_0 + (\sigma_q^2)_m \cdot (\sigma_{V_{\Pi}}^2)_m}{2}},$$

$$\Delta_{1\max} = \sqrt{\frac{\frac{1}{\bar{t}^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{Z}\right)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2}{2}}, \quad (3.31)$$

де Z – множина цілих цифр, що забезпечує наявність відповідної кратності.

Якщо спрямувати значення Z до нескінченності, то значення (3.31) прийме наступний вид:

$$\Delta_{1\max} = \sqrt{\frac{\frac{1}{\bar{t}^2} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2}{2}}. \quad (3.32)$$

Таким чином, отримуємо запис показника впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на макрорівні, що має одиниці виміру автомобілі за одиницю часу, що аналогічно інтенсивності руху:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_1 = \sqrt{\frac{\sigma_N^2 + \sigma_q^2 \cdot \sigma_{V_{II}}^2}{2}}, \\ \Delta_{1\max} = \sqrt{\frac{\frac{1}{\bar{t}^2} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2}{2}}, \\ 0 \leq \Delta_1 \leq \Delta_{1\max}. \end{array} \right. \quad (3.33)$$

На мікрорівні аналізу вплив відповідних транспортних засобів, що досліджуються, було запропоновано оцінки (3.18), (3.21) та (3.23).

Пропонується навести загальний показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на макрорівні. Запис проводимо за логічними міркуваннями щодо взаємного співвідношення між характеристиками з урахуванням, що вони є розмірними величинами:

$$\Delta_2 = \sqrt{\frac{\sigma_k^2 + \sigma_a^2 \cdot \sigma_v^2}{2}}, \quad (3.34)$$

де Δ_2 – показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на мікрорівні, m^2/c^3 .

З урахуванням попередніх розробок (3.18), (3.21) та (3.23) для значення (3.34) отримаємо оцінні межі його зміни:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\sigma_v^2 \right)_m = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i} \right)^2, \\ 0 < \sigma_v^2 < \left(\sigma_v^2 \right)_m, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \left(\sigma_a^2 \right)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2, \\ 0 < \sigma_a^2 < \left(\sigma_a^2 \right)_m, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \left(\sigma_k^2 \right)_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2, \\ 0 < \sigma_k^2 < \left(\sigma_k^2 \right)_m, \end{array} \right. \quad (3.35)$$

$$\Delta_{2_{\max}} = \sqrt{\frac{\left(\sigma_k^2 \right)_m + \left(\sigma_a^2 \right)_m \cdot \left(\sigma_v^2 \right)_m}{2}},$$

$$\Delta_{2_{\max}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i} \right)^2}{2}}. \quad (3.36)$$

Таким чином, отримуємо запис показника впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на

мікрорівні, що має одиниці виміру $\text{м}^2/\text{с}^3$, що аналогічно характеристиці “кінетична енергія” транспортних засобів:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_2 = \sqrt{\frac{\sigma_k^2 + \sigma_a^2 \cdot \sigma_v^2}{2}}, \\ \Delta_{2\max} = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2}, \\ 0 \leq \Delta_2 \leq \Delta_{2\max}. \end{array} \right. \quad (3.37)$$

На інженерно-психологічному рівні аналізу вплив відповідних транспортних засобів, що досліджуються, було запропоновано єдину оцінку (3.28). Пропонується записати загальний показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на інженерно-психологічному рівні.

Запис проводимо за аналогічними міркуваннями щодо попередніх показників з урахуванням, що є розмірні величини:

$$\Delta_3 = \sqrt{\sigma_L^2}, \quad (3.38)$$

де Δ_3 – показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на інженерно-психологічному рівні, м.

З урахуванням попередніх розробок (3.28) для значення (3.38) отримаємо оцінні межі його зміни:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\sigma_L^2)_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left(T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right) - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right) \right) \right)^2, \\ \sigma_L^2 \geq (\sigma_L^2)_0. \end{array} \right. \quad (3.39)$$

$$\Delta_{30} = \sqrt{(\sigma_L^2)_0},$$

$$\Delta_{30} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left(T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right) - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right) \right) \right)^2}. \quad (3.40)$$

Таким чином, отримуємо запис оцінного показника впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на інженерно-психологічному рівні, що має одиниці виміру м, що аналогічно дистанції між автомобілями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_3 = \sqrt{\sigma_L^2}, \\ \Delta_{30} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left(T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right) - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right) \right) \right)^2}, \\ \Delta_3 \geq \Delta_{30}. \end{array} \right. \quad (3.41)$$

З урахуванням проведених досліджень задача щодо запису цільової функції оцінки впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку зводиться до символічного запису цільової функції за отриманими оцінними показниками на відповідних рівнях аналізу транспортного потоку (3.33), (3.37), (3.41).

За отриманими межами змін розроблених показників наявна можливість перерахувати значення показників у долі одиниці. Також необхідно враховувати відповідні тенденції зміни вказаних показників.

Пропонується провести запис таким чином, щоб наближення значення кожного показника до одиниці мало позитивний характер оцінки впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку.

Зменшення значення показника Δ_1 до нуля, впливає на зменшення коливання величин інтенсивності та величин швидкості руху, що в свою чергу є позитивним явищем за результатами досліджень у розділі 2. Пропонується записати значення Δ_1 в долях одиниці наступним чином:

$$\Delta'_1 = \frac{\Delta_{1\max} - \Delta_1}{\Delta_{1\max}}, \quad (3.42)$$

де Δ'_1 – показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на макрорівні у долях одиниці.

Зменшення значення показника Δ_2 до нуля, має відповідні коливання величин швидкостей руху, прискорень та “кінетичних енергій” транспортних засобів, що входять до відповідних складових потоку на макрорівні, то це є позитивним явищем за результатами досліджень у розділі 2. Тому пропонується записати значення Δ_2 в долях одиниці наступним чином:

$$\Delta'_2 = \frac{\Delta_{2\max} - \Delta_2}{\Delta_{2\max}}, \quad (3.43)$$

де Δ'_2 – показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на мікрорівні у долях одиниці.

Збільшення значення показника Δ_3 , від мінімального значення, що

відповідає мінімальним дистанціям між транспортними засобами у потоці за умови скоєння побіжного зіткнення, то це є позитивним явищем за результатами досліджень у розділі 2. Тому пропонується записати значення Δ_3 в долях одиниці наступним чином:

$$\Delta'_3 = \frac{\Delta_3 - \Delta_{30}}{\Delta_3}, \quad (3.44)$$

де Δ'_3 – показник впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку на інженерно-психологічному рівні у долях одиниці.

Для запису цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування необхідно одночасне врахування явищ за всіма трьома показниками відповідними трьом рівням аналізу.

Створення умов скоєння ДТП за рахунок змін у взаємодії досліджуваних складових потоку обов'язково відображається на всіх трьох рівнях аналізу одночасно. Вказане одночасне відображення потребує перемноження запропонованих показників. Таким чином, цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту буде мати наступний запис:

$$K_m = [\Delta'_1 \cdot \Delta'_2 \cdot \Delta'_3]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{\Delta_{1\max} - \Delta_1}{\Delta_{1\max}} \cdot \frac{\Delta_{2\max} - \Delta_2}{\Delta_{2\max}} \cdot \frac{\Delta_3 - \Delta_{30}}{\Delta_3} \right]^{\frac{1}{3}},$$

$$K_m = \left[\frac{1}{\Delta_{1\max} \cdot \Delta_{2\max} \cdot \Delta_3} (\Delta_{1\max} - \Delta_1)(\Delta_{2\max} - \Delta_2)(\Delta_3 - \Delta_{30}) \right]^{\frac{1}{3}}. \quad (3.45)$$

З урахуванням (3.33), (3.37) та (3.41) значення (3.45) буде мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 K_m = & \left[\frac{\left(\sqrt{\frac{1}{2\bar{t}^2} + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2} \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2} - \sqrt{\frac{\sigma_N^2 + \sigma_q^2 \cdot \sigma_{V_{II}}^2}{2}} \right)}{\sqrt{\frac{1}{2\bar{t}^2} + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2} \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i}\right)^2}{2}} \cdot \sqrt{\sigma_L^2}} \right] \times \\
 & \times \left(\sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i}\right)^2}{2}} - \sqrt{\frac{\sigma_k^2 + \sigma_a^2 \cdot \sigma_v^2}{2}} \right) \times \\
 & \times \left[\sqrt{\sigma_L^2} - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right| - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right| \right) \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (3.46)
 \end{aligned}$$

де K_m – цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту, од; визначається у долях одиниці та з наближенням до одиниці фіксує максимальний рівень безпеки руху в умовах впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку, при наближенні до нуля – рівень безпеки руху мінімальний.

Розрахунок цільової функції передбачає врахування відображення на трьох рівнях аналізу взаємодії транспортного потоку умов скоєння ДТП в межах трьох показників впливу пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку.

3.3 Висновки до розділу 3

У розділі розроблена цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування. Формалізована цільова функція і критерії оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту у загальному потоці. Цільова функції має комбіновану структуру з врахуванням мікро- , макро- та інженерно-психологічної взаємодії транспортних засобів в потоці, а також умов імовірного скоєння ДТП в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування.

Надалі необхідно провести експериментальні дослідження та практичне застосування цільової функції.

Результати розділу опубліковані у [103, 104, 124,125].

РОЗДІЛ 4

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

4.1 Методика оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту

Результатом теоретичних досліджень є цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту у транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування. На підставі цільової функції проводимо формулювання методики.

Мета експериментальних досліджень підтвердження наявності стійкої кореляції між значеннями цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування кількісними показникам аварійності на них.

Проводиться експериментальна робота з отримання та попередньої обробки вихідних даних.

Пропонується наступна послідовність виконання експериментальних досліджень з підтвердження адекватності цільової функції оцінки безпеки руху з урахуванням загальних вимог [105 – 107]:

- формування блоку параметрів та характеристик руху транспортних потоків й дорожніх умов в межах обраної ділянки автомобільної дороги загального користування для проведення експериментальних досліджень;
- обрання та відповідне обґрунтування ділянки автомобільної дороги загального користування для проведення експериментальних досліджень;
- формування груп необхідних значень параметрів та характеристик руху транспортних потоків й дорожніх умов в межах обраної автомобільної дороги загального користування для проведення експериментальних

досліджень;

- формування груп значень кількісних характеристик аварійності за участю пасажирського маршрутного транспорту в межах обраної автомобільної дороги загального користування для проведення експериментальних досліджень;
- проведення безпосередніх експериментальних розрахунків цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту;
- обробка чисельних значень характеристик аварійності за участю пасажирського маршрутного транспорту в межах обраної автомобільної дороги загального користування для проведення експериментальних досліджень;
- порівняння розрахункових значень цільової функції та оброблених експериментальних даних щодо аварійності;
- формулювання висновків експериментального дослідження.

Надалі послідовно проведемо виконання вказаних етапів експериментального дослідження.

Формування блоку параметрів та характеристик руху транспортних потоків й дорожніх умов в межах обраної автомобільної дороги загального користування для проведення експериментальних досліджень має наступний перелік:

K_m – цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування, од; визначається у долях одиниці та з наближенням до одиниці фіксується максимальний рівень безпека руху в умовах взаємодії досліджуваних потоків, при наближенні до нуля рівень безпеки руху мінімальний; цільову функцію необхідно розрахувати для кожного кілометра автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень;

\bar{t} – середній інтервал руху у транспортному потоці на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом

експериментальних досліджень, с;

l_i – значення інтервалу руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, м;

\bar{l} – середній інтервал руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, м;

\bar{t}_p – середній арифметичний час реакції водія транспортного засобу, що рухається другим, на його наближення до попереднього транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, с;

\bar{t}_m – середній час на виконання транспортним засобом маневру гальмування до рівності відповідних величини швидкостей руху на кожному кілометрі автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, с;

σ_N – середнє квадратичне відхилення величини інтенсивності транспортних засобів потоку від величини інтенсивності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, авт/с;

$\sigma_{V_{II}}$ – середнє квадратичне відхилення величини швидкості руху транспортних засобів потоку від величин швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, м/с;

n – кількість спостережень відповідних параметрів та характеристик цільової функції на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, од;

v_i – миттєва швидкість i -го транспортного засобу, що знаходився на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, м/с;

a_i – миттєве прискорення i -го транспортного засобу, що знаходився на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, м/с²;

σ_v – середнє квадратичне відхилення величини швидкості руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м/с;

σ_a – середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м/с²;

σ_k – середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м²/с³;

σ_L – середнє квадратичне відхилення дистанцій транспортних засобів на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, відносно середнього арифметичного значення дистанцій пасажирських маршрутних

транспортних засобів, с;

$$T_i = t_{1i} + t_{2i} + 0,5 \cdot t_{3i},$$

$$T_{m_i} = t_{1m_i} + t_{2m_i} + 0,5 \cdot t_{3m_i},$$

t_{1i} , t_{1m_i} – час реакції водія відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с;

t_{2i} , t_{2m_i} – час спрацювання гальмівної системи відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с;

t_{3i} , t_{3m_i} – час зростання сповільнення відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с;

V_{m_i} – миттєва швидкість і-го пасажирського маршрутного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, м/с;

j_i , j_{m_i} – розрахункове сповільнення відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, для забезпечення можливості руху з мінімальною дистанцією до попереднього транспортного засобу, м/с².

Вказане вище формує необхідний блок параметрів та характеристик у вигляді вихідних даних для розрахунку цільової функції оцінки рівня

безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Для забезпечення більшої об'єктивності отриманих результатів експериментальних досліджень необхідно обрати ділянку автомобільної дороги загального користування з найбільш загальними характеристиками транспортних потоків та дорожніх умов.

У якості вихідних даних щодо існуючих кількісних показників аварійності на ділянці автомобільної дороги загального користування необхідно прийняти кількість ДТП для кожного кілометра вказаної ділянки за видами ДТП, за участю пасажирських маршрутних транспортних засобів.

Закон визначає дорожньо-транспортну пригоду як подію, що сталася під час руху транспортного засобу, при якому загинули або постраждали люди або пошкоджені транспортні засоби, дорожня інфраструктура, навколишнє середовище. Класифікація дорожньо-транспортних пригод (ДТП), наведена в нормативних документах [120]:

“1” – зіткнення транспортних засобів між собою або з потягом залізної дороги;

“2” – перекидання транспортного засобу, без наявності зіткнення транспортних засобів та наїзду на нерухому перешкоду;

“3” – наїзд транспортного засобу на транспортний засіб, що стоїть;

“4” – наїзд транспортного засобу на нерухому перешкоду;

“5” – наїзд транспортного засобу на пішохода;

“6” – наїзд транспортного засобу на велосипедиста;

“7” – наїзд транспортного засобу на гужовий транспорт;

“8” – наїзд транспортного засобу на тварин;

“9” – інші види пригод.

Ця класифікація використовується для аналізу ДТП, збору статистичних даних та розробки заходів щодо запобігання ДТП [120].

Відповідно до загальної класифікації ДТП за видами проведемо обрання необхідних видів, що будуть враховані при проведенні

експериментальних досліджень. Загальний перелік видів ДТП має вигляд:

Для автомобільних доріг загального користування, де відповідно до стандартів та Правил дорожнього руху нехарактерна наявність ДТП 5, 6, 7, 8, 9. Тому, вказані ДТП не розглядаються.

Поставлена наукова задача у дисертації передбачає дослідження впливу видів транспортних засобів при русі в транспортному потоці. Тому, серед ДТП, що залишилися – 1, 2, 3, 4, необхідно враховувати тільки ДТП видів 1, 3.

Пропонується наступне формулювання ДТП 1, 3:

“1” – зіткнення між пасажирськими маршрутними транспортними засобами та транспортними засобами транспортного потоку на ділянці автомобільної дороги загального користування або з потягом залізної дороги;

“3” – наїзд транспортного засобу на пасажирський маршрутний транспортний засіб, що стоїть, або наїзд пасажирського маршрутного транспортного засобу на транспортний засіб, що стоїть.

Надалі необхідно обрати об’єкт експериментального дослідження у вигляді ділянки автомобільної дороги загального користування з транспортним потоком, до складу якого входять пасажирські маршрутні транспортні засоби та наявна відповідність найбільш загальному випадку формування його складу.

4.2 Виконання експериментальних досліджень

Відповідно до проведеного формування блоку вихідних даних можливо розробити відповідні вимоги щодо характеристик умов руху на ділянці автомобільної дороги загального користування, що буде обрана у якості об’єкту експериментального дослідження дисертації:

- ділянка дороги повинна бути з чотирма смугами руху;
- довжина ділянки з урахуванням необхідності реалізації в результаті

експерименту більш ніж десять пар точок повинна бути не менш 10 км;

– інтенсивність руху на ділянці автомобільної дороги загального користування повинна забезпечувати наявність продовж кілометрових ділянок не менш п'яти автомобілів на відповідній смузї руху, тобто більш 1000 авт./доб;

– зміна рівня завантаження ділянки автомобільної дороги загального користування в межах 0,3 – 0,6;

– зміна величини швидкості руху на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах 80 – 150 км/год;

– наявність ДТП, в яких є учасниками пасажирські маршрутні транспортні засоби за видами 1 та 3.

За вказаними вимогами у якості об'єкту експериментальних досліджень пропонується наступна ділянка автомобільної дороги загального користування:

– дорога загального користування державного значення – міжнародна (автомагістраль), Стрий – Тернопіль – Кропивницький – Знам'янка – Луганськ – Ізварине;

– індекс та номер автомобільної дороги М – 30, протяжність 1418,2 км;

– входить до складу міжнародного транспортного коридору Е – 50, Е – 40;

– ділянка дороги, що буде використана в експерименті, приймається в межах максимальної величини інтенсивності руху пасажирських маршрутних транспортних засобів з 741 км до 772 км. Основні геометричні та експлуатаційні характеристики дороги М – 30 на ділянці з 741 км до 772 км приведені нижче в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні геометричні та експлуатаційні характеристики дороги М – 30 Стрий – Тернопіль – Кропивницький – Знам'янка – Луганськ – Ізварине (741 – 772 км).

№ п/п	Характеристика	Одиниці виміру	Значення характеристики
1	Протяжність дороги	км	1418,2
2	Ширина земляного полотна дороги	м	29,3
3	Ширина проїзної частини дороги	м	9,0
4	Припустима величина швидкості руху за категорією	км/год.	90, 130
5	Проїзна частина:		
	тип покриття;	–	А
	кількість смуг руху;	шт.	4
	ширина смуги руху;	м	4,5
	ширина розділювальної смуги;	м	3,8
	ширина узбіччя.	м	3,75

За кожним кілометром дороги сформовані дані про дорожньо-транспортні пригоди відповідно до визначених видів у попередньому підрозділі та з урахуванням наявності у якості учасника пасажирського маршрутного транспортного засобу.

Відповідно до досліджень зчїпних якостей проїзної частини експериментальної ділянки дороги за двома напрямками руху коефіцієнт зчеплення складає від 0,6 до 0,7.

Вказаний аспект необхідно враховувати при проведенні експериментальних досліджень.

Пропонується у якості об'єкту експериментального дослідження прийняти ділянку дороги М – 30 Стрий – Тернопіль – Кропивницький – Знам'янка – Луганськ – Ізварине (741 – 772 км). Проведений аналіз характеристик вказаної ділянки дороги показав наявність відповідності вимогам, що були сформульовані у попередньому підрозділі, на відповідну величину інтенсивності руху пасажирського маршрутного транспорту та на формування транспортного потоку на вказаній ділянці у найбільш загальному варіанті за його складом.

Аналіз зібраних даних щодо характеристик дорожніх умов транспортного потоку дозволив сформувати необхідний обсяг вихідних даних за переліком підрозділу 4.1 та провести відповідні розрахунки чисельного значення цільової функції оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

Блок вхідних даних має чисельну прив'язку до значень кілометрових показників. Пропонується прив'язку виконати до середини кілометрових ділянок, що утворює 31 кілометрове значення, у якому проводиться уявний переріз дороги. За вказаними раніш даними дорога має дві смуги руху у кожному напрямку. Тому, у кожному перерізі дороги з 31 перерізу формується 124 точки дослідження характеристик руху транспортних засобів та відповідно 124 точки розрахунку значень цільової функції оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

У запропонованих перерізах дороги пропонується провести послідовно дослідження значень величини швидкостей, інтервалів руху у часі, інтенсивності руху. Запис математичної формули цільової функції оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту вказує на необхідність одночасного дослідження

вказаних характеристик руху транспортних засобів у потоці сумісно з характеристиками транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, які рухаються сумісно. Виконання вказаної умови дозволить узагальнити результати досліджень.

Пропонується проводити виміри вказаних характеристик руху транспортних засобів наступним чином. Значення величини швидкості транспортних засобів по смугам руху у визначених поперечних перерізах дороги за довжиною ділянки дороги у 31 точці по кожній смузі руху визначити методом багаторазових натурних вимірів за допомогою радіолокаційного вимірника величини швидкості руху.

При цьому, кількість вимірів величин миттєвих швидкостей автомобілів визначалася за методикою [79]. Розмах значень швидкостей руху склав $19\% R = 0.19$. Точність виміру швидкості дорівнює $5\% \Delta = 0.05$. Середнє квадратичне відхилення значень швидкості руху $\sigma = R/6 = 0.19/6 = 0.032$. Приймаємо довірчий інтервал $V_i = 0.99$ [79], для якого показник надійності дорівнює $t_i = 2,576$ [79]. Мінімальна кількість вимірів величин швидкостей руху транспортних засобів дорівнює $n = (t_i^2 \cdot \sigma^2) / \Delta^2 = 3$.

Пропонується виконувати 5 експериментальних вимірювань.

Виміри величини швидкості руху у кількості п'яти пропонується виконувати продовж пікового періоду за інтенсивністю руху з 8:00 до 9:00 години доби.

Умову необхідності одночасного дослідження транспортних засобів потоку та транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту пропонується виконати шляхом визначення транспортного засобу пасажирського маршрутного транспорту, що наближується до перерізу дороги, де проводяться вимірювання величин швидкості руху, та почати вимірювати величин швидкості руху з транспортного засобу, що рухається перед визначеним транспортним засобом пасажирського маршрутного

транспорту.

Таким чином, необхідно провести послідовно п'ять вимірювань (друге вимірювання вказує на величину швидкості руху транспортного засобу пасажирського маршрутного транспорту). Усереднене значення величини швидкості руху з отриманих п'яти дозволить отримати величину швидкості руху транспортного потоку у досліджуваному перерізу дороги за відповідною смугою руху. Для забезпечення одночасного дослідження інтервалів руху між транспортними засобами у часі та для забезпечення можливості розрахунку величини інтенсивності руху пропонується фіксувати момент часу проведення кожного з п'яти вимірів величин швидкості руху.

З урахуванням вказаного, послідовний вимір п'яти значень величин швидкості руху транспортних засобів (з урахуванням маршрутного) з фіксуванням моменту часу проведення вимірів дозволить отримати розрахунковим методом додатково:

- значення прискорень транспортних засобів (за повторним виміром величини швидкості руху);

- значення величини швидкості руху транспортних засобів потоку у відповідному перерізу дороги (як усереднене значення величини швидкості руху серед п'яти вимірів);

- значення інтервалів руху між транспортними засобами з урахуванням маршрутних (як різниця між значеннями моментів часу вимірів величин швидкостей руху);

- значення величини інтенсивності руху (шляхом відношення кількості транспортних засобів п'ять до часу між проведенням першого й п'ятого вимірів величин швидкостей руху).

Значення інтервалів руху між транспортними засобами, використовуються для розрахунку прискорень відповідних транспортних засобів.

Надалі визначається величини швидкості руху транспортних потоків за чотирма смугами руху у 31 точці проводяться виміри та розрахунки оціночної функції рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

Значення величини швидкості руху транспортного потоку у певній точці розраховуємо за наступною формулою:

$$[V_{0...30}]_{p,z,1,2} = \left[\left[\frac{\sum V_j}{5} \right]_{0...30} \right]_{p,z,1,2}, \quad (4.1)$$

де $[V_{0...30}]_{p,z,1,2}$ – значення величини швидкості руху транспортного потоку: $p1$ – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30; $p2$ – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30; $z1$ – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30; $z2$ – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

V_j – значення величини швидкості руху окремого j -го транспортного засобу з п'яти, які фіксуються: $p1$ – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30; $p2$ – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30; $z1$ – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30; $z2$ – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30.

Проведемо розрахунок інтервалів між транспортними засобами у просторі за чотирма смугами руху на тридцять одній точках проведення вимірів. Безпосередні розрахунки проводимо за наступною формулою:

$$[l_{0...30}]_{p,z,1,2} = [V_{0...30} \cdot t_{i_{0...30}}]_{p,z,1,2}, \quad (4.2)$$

де $[l_{0...30}]_{p,z,1,2}$ – значення інтервалів між транспортними засобами у просторі:

$p1$ – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$p2$ – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$z1$ – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$z2$ – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$V_{0...30}$ – значення величини швидкості руху транспортного потоку:

$p1$ – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$p2$ – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$z1$ – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$z2$ – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$t_{i_{0...30}}$ – значення інтервалів між транспортними засобами у часі:

$p1$ – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$p2$ – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$z1$ – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

$z2$ – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30.

Отримані значення розрахункових характеристик транспортних потоків необхідно надалі застосувати при розрахунках значень цільової функції оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту в межах характеристики, що відображає взаємодію транспортних засобів на макроскопічному рівні оцінки транспортного потоку.

Надалі визначається величина інтенсивності транспортних потоків за чотирма смугами руху у 31 точці проведення вимірів та розрахунків цільової функції оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту.

Значення величини інтенсивності транспортного потоку у певній точці розраховується за наступною формулою:

$$\left[n_{0...30} \right]_{p,z,1,2} = \left[\left[\frac{5}{t_B} \right]_{0...30} \right]_{p,z,1,2}, \quad (4.3)$$

де $\left[n_{0...30} \right]_{p,z,1,2}$ – значення величини інтенсивності руху транспортного потоку:

p1 – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

p2 – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

z1 – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

z2 – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

t_B – значення часу між першим та п'ятим вимірюванням величини швидкості руху окремих транспортних засобів, які фіксуються:

p1 – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

p2 – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

z1 – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

z2 – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30.

Значення величини щільності руху транспортного потоку у відповідних точках виміру величини швидкості руху за смугами руху у роботі пропонується розраховувати за допомогою основного рівняння транспортного потоку:

$$\left[q_{0...30} \right]_{p,z,1,2} = \left[\left[\frac{n}{V} \right]_{0...30} \right]_{p,z,1,2}, \quad (4.4)$$

де $q_{0...30}^p, z, 1, 2$ – значення величини щільності руху транспортного потоку:

p_1 – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

p_2 – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

z_1 – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху у точках виміру 0 – 30;

z_2 – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху у точках виміру 0 – 30.

Відповідно до заходів, які були сформульовані у плані проведення експерименту, проводилися дослідження з отримання значень:

σ_N – середнє квадратичне відхилення величини інтенсивності транспортних засобів потоку від величини інтенсивності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, авт/год;

σ_q – середнє квадратичне відхилення величини щільності транспортних засобів потоку від величини щільності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, авт/км;

$\sigma_{V_{II}}$ – середнє квадратичне відхилення величини швидкості руху транспортних засобів потоку від величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, км/год.

Результати досліджень вказані на рис. 4.1 – 4.2.



Рисунок 4.1 – Значення середнього квадратичного відхилення величини інтенсивності транспортних засобів потоку від величини інтенсивності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху експериментальної ділянки автомобільної дороги:

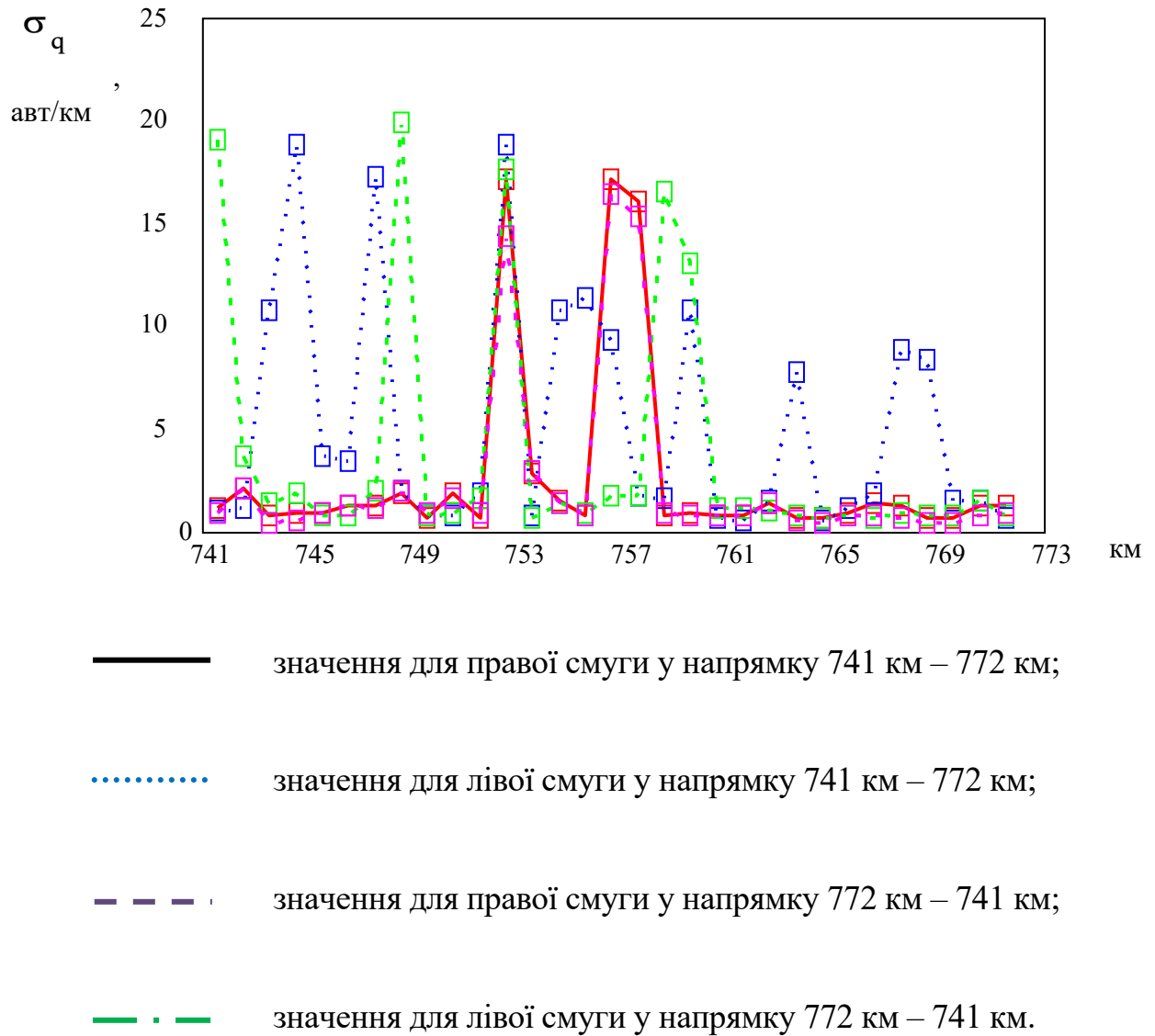


Рисунок 4.2 – Значення середнього квадратичного відхилення величини щільності транспортних засобів потоку від величини щільності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху на експериментальній ділянці автомобільної дороги.

Значення середнього квадратичного відхилення величини щільності транспортних засобів потоку від величини щільності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту отримані розрахунковим методом застосуванням основного рівняння транспортного потоку [57] звідки для кожної розрахункової точки розраховувалося значення величини щільності руху відношенням значення відповідної величини інтенсивності руху до величини швидкості руху (для кожної точки значень п'ять).

Розрахунки проводяться за наступним алгоритмом. Для обраної експериментальної ділянки автомобільної дороги загального користування між позначками кілометрових знаків обрані 31 точка виміру значення. Значення вказаних розрахункових параметрів проводиться за кожною смугою руху та в обох напрямках. Таким чином розрахунки наводяться для 124 значень.

Отримані значення величини щільності застосовуються, надалі, для розрахунку відповідної характеристики середнього квадратичного відхилення величини щільності транспортного потоку від величини щільності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху.

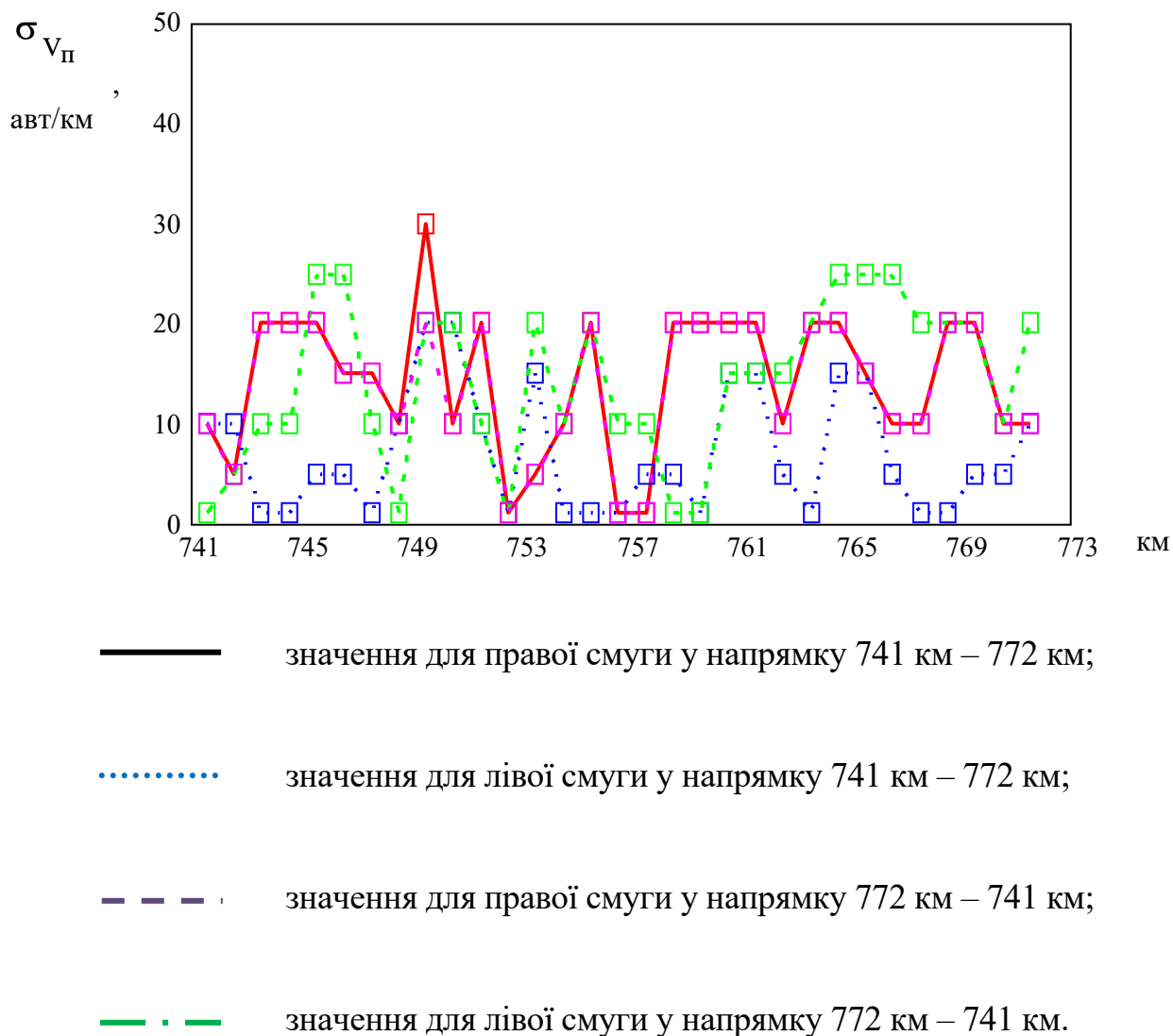


Рисунок 4.3 – Значення середнього квадратичного відхилення величини швидкості руху транспортних засобів потоку від величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху на експериментальній ділянці автомобільної дороги.

Для проведення безпосередніх розрахунків цільової функції до зібраних та розрахованих даних необхідні розрахункові значення:

σ_a – середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, m/c^2 ;

σ_v – середнє квадратичне відхилення величин швидкостей руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення величин швидкостей руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м/с;

σ_k – середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту, м²/с³;

σ_L – середнє квадратичне відхилення дистанцій транспортних засобів на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об’єктом експериментальних досліджень, відносно середнього арифметичного значення дистанцій пасажирських маршрутних транспортних засобів, с;

Розрахунки проводимо відповідно до зібраних даних величин швидкостей руху та інтервалів руху між транспортними засобами за розрахунковими точками та за даними вимірів величин швидкостей руху.

Результати розрахунку показані на рис. 4.4 – 4.6.

Прискорення відповідних транспортних засобів для розрахунку відхилення на рис. 4.4 отримувалися розрахунковим методом шляхом вимірювання величини швидкості руху транспортного засобу двократно з інтервалом у 2 с.

Після чого різниця величин швидкостей руху відносилася до значення 2 с, що дозволяло отримувати усереднене продовж двох секунд, значення прискорення відповідного транспортного засобу у необхідній точці вимірювання (31 точка по кожній з чотирьох смуг руху).

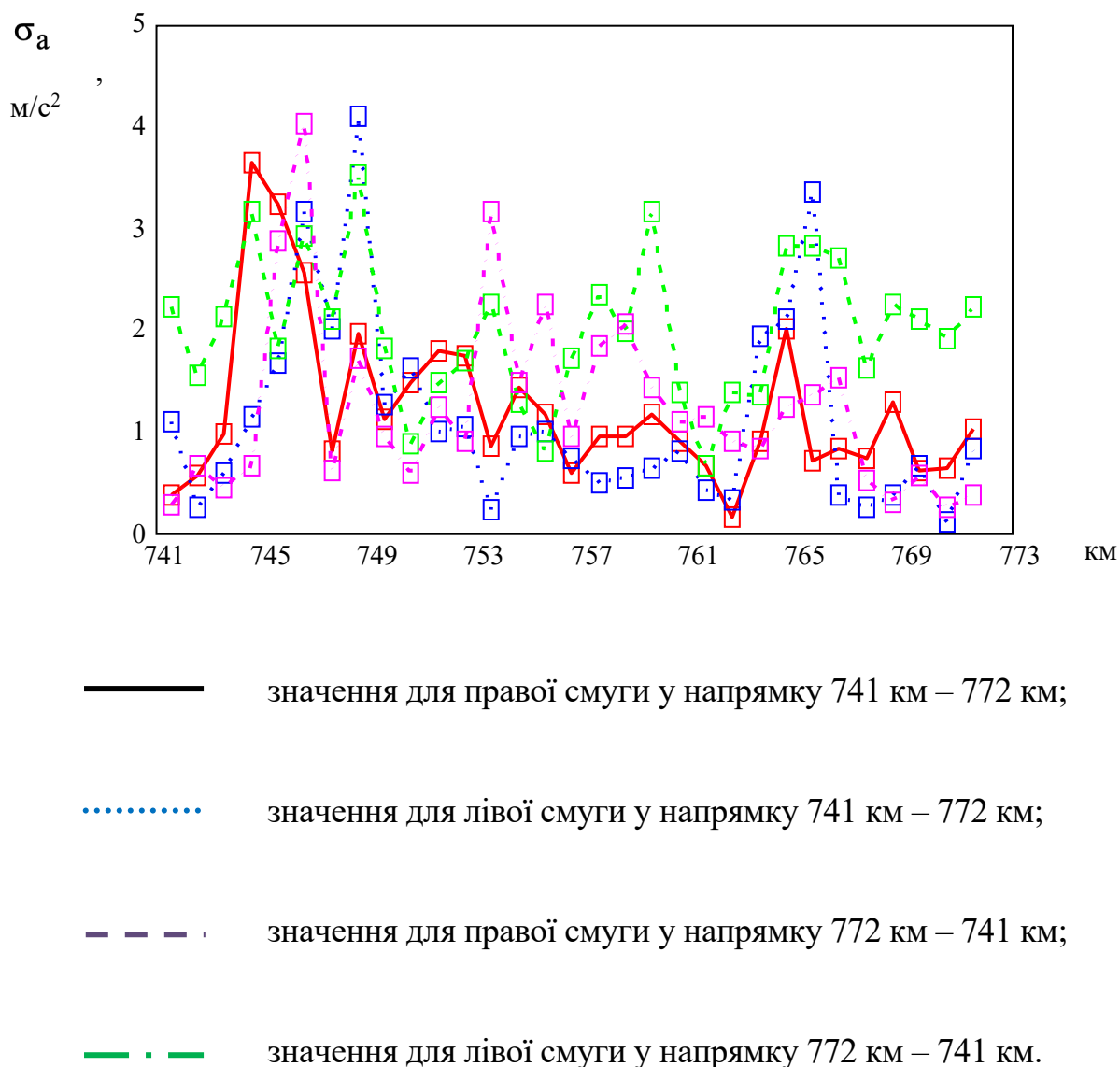


Рисунок 4.4 – Значення середнього квадратичного відхилення прискорення руху транспортних засобів відносно середнього арифметичного значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху на експериментальній ділянці автомобільної дороги.

Значення величин швидкостей руху відповідних транспортних засобів отримані безпосереднім виміром з застосуванням радіолокаційного вимірювача згідно з розробленим планом проведення експериментальних досліджень.

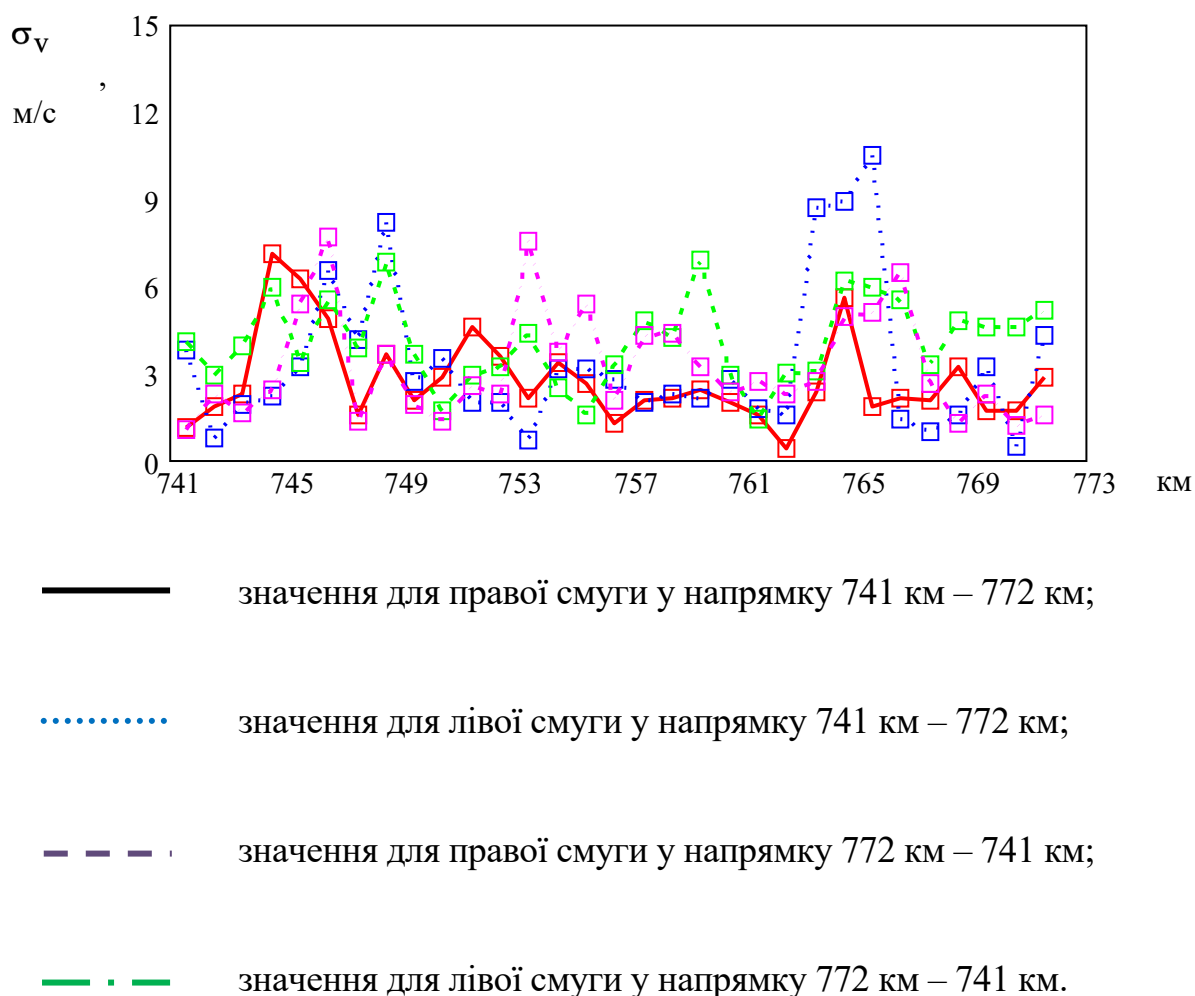


Рисунок 4.5 – Значення середнього квадратичного відхилення величин швидкостей руху транспортних засобів відносно середнього значення величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху на експериментальній ділянці автомобільної дороги.

Значення σ_L середнього квадратичного відхилення дистанцій транспортних засобів на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, відносно середнього арифметичного значення дистанцій пасажирських маршрутних транспортних засобів отримані розрахунковим методом та усереднені для окремих смуг руху в цілому:

$$\sigma_{Lp1} = 12,1 \text{ м;}$$

$$\sigma_{Lp2} = 27,4 \text{ м;}$$

$$\sigma_{Lz1} = 11,6 \text{ м;}$$

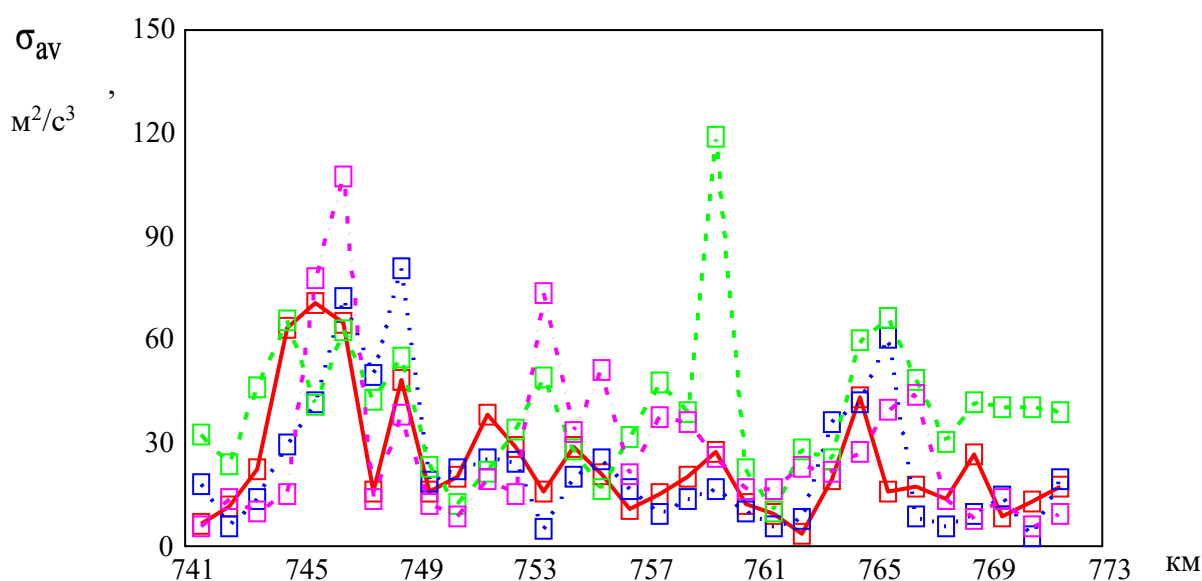
$$\sigma_{Lz2} = 29,2 \text{ м.}$$

де $p1$ – у напрямку 741 км – 772 км на правій смузі руху;

$p2$ – у напрямку 741 км – 772 км на лівій смузі руху;

$z1$ – у напрямку 772 км – 741 км на правій смузі руху;

$z2$ – у напрямку 772 км – 741 км на лівій смузі руху.



— значення для правої смуги у напрямку 741 км – 772 км;

..... значення для лівої смуги у напрямку 741 км – 772 км;

- - - значення для правої смуги у напрямку 772 км – 741 км;

— · — значення для лівої смуги у напрямку 772 км – 741 км.

Рисунок 4.6 – Значення середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на чотирьох смугах руху на експериментальній ділянці автомобільної дороги:

Значення цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту будемо розраховувати за формулою (3.46) у 31 точці на кожній з чотирьох смуг руху:

$$K_m = \frac{\left(\sqrt{\frac{1}{2\bar{t}^2} + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2} \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2 - \sqrt{\frac{\sigma_N^2 + \sigma_q^2 \cdot \sigma_{V_{II}}^2}{2}} \right)}{\left[\sqrt{\frac{1}{2\bar{t}^2} + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{l_i}\right)^2} \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i}\right)^2}{2}} \cdot \sqrt{\sigma_L^2} \right]} \times$$

$$\times \left(\sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_{m_i}\right)^2}{2}} - \sqrt{\frac{\sigma_k^2 + \sigma_a^2 \cdot \sigma_v^2}{2}} \right) \times$$

$$\times \left(\sqrt{\sigma_L^2} - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right| - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| T_{m_i} \cdot v_{m_i} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{m_i}} \right| \right) \right)^2} \right) \Bigg]^{1/3}$$

Для вказаної формули функції необхідно додатково визначити наступні константи:

\bar{t}_p – середній час реакції водія транспортного засобу, що рухається другим, на його наближення до попереднього транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що

обрана об'єктом експериментальних досліджень, с; відповідно до рекомендацій [109 – 112] приймаємо $\bar{t}_p = 0,7$ с для всіх точок розрахунку;

\bar{t}_m – середній час на виконання транспортним засобом маневру гальмування до рівності відповідних величин швидкостей руху на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, с; відповідно до рекомендацій [109 – 112] приймаємо $\bar{t}_m = 0,8$ с для всіх точок розрахунку;

$$T_i = t_{1i} + t_{2i} + 0,5 \cdot t_{3i},$$

$$T_{m_i} = t_{1m_i} + t_{2m_i} + 0,5 \cdot t_{3m_i},$$

t_{1i} , t_{1m_i} – час реакції водія відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки дороги автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с; відповідно до рекомендацій [109 – 112] приймаємо $t_1 = 0,8$ с для всіх точок розрахунку, $t_{1m} = 1,4$ с для всіх точок розрахунку (водії маршрутних транспортних засобів мають більшу втому);

t_{2i} , t_{2m_i} – час спрацювання гальмівної системи відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с; відповідно до рекомендацій [109] приймаємо $t_2 = 0,3$ с для всіх точок розрахунку, $t_{2m} = 0,3$ с для всіх точок розрахунку (в середньому транспортні засоби кількісно рівно обладнані за типами приводів гальмівної системи);

t_{3i} , t_{3m_i} – час зростання сповільнення відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с; відповідно до рекомендацій [109]

приймаємо $t_3 = 0,6$ с для всіх точок розрахунку, $t_{3m} = 0,6$ с для всіх точок розрахунку (в середньому транспортні засоби формують вказаний час кількісно рівно відповідно до наявного коефіцієнта зчеплення $0,5 - 0,6$);

$$T = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 = 1,4 \text{ с,}$$

$$T_m = t_{1m} + t_{2m} + 0,5 \cdot t_{3m} = 2,0 \text{ с,}$$

j_i, j_{mi} – розрахункове сповільнення відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, для забезпечення можливості руху з мінімальною дистанцією до попереднього транспортного засобу, м/с^2 ; відповідно до рекомендацій [113, 114] приймаємо:

$j_{p1} = 5 \text{ м/с}^2, j_{p2} = 3,5 \text{ м/с}^2, j_{z1} = 5 \text{ м/с}^2, j_{z2} = 3,5 \text{ м/с}^2$ для всіх точок розрахунку;

$j_{mp1} = 6,5 \text{ м/с}^2, j_{pm2} = 4 \text{ м/с}^2, j_{mz1} = 6,5 \text{ м/с}^2, j_{mz2} = 4 \text{ м/с}^2$ для всіх точок розрахунку (в середньому транспортні засоби формують вказане сповільнення відповідно до наявного коефіцієнта зчеплення $0,5 - 0,6$).

Були проведені розрахунки цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту у 31 точці по кожній з чотирьох смуг руху.

В результаті побудовані графіки зміни зворотних значень (одиниця мінус значення цільової функції, для забезпечення однакової тенденції в оцінці рівня безпеки руху за статисткою ДТП) цільової функції відповідно до показчиків кілометрів ділянки дороги, рис. 4.7 – 4.10.

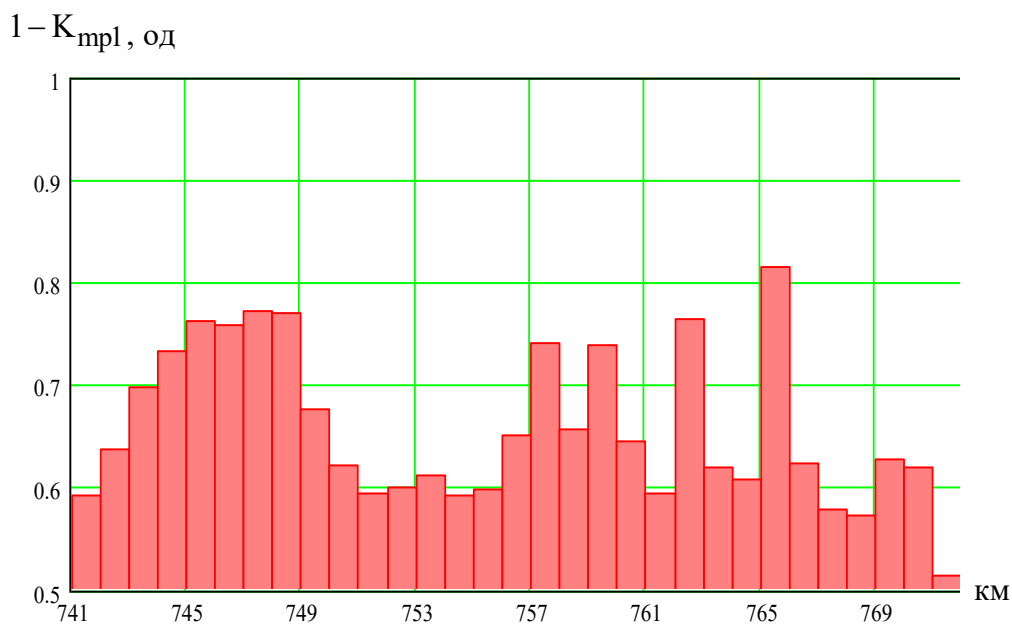


Рисунок 4.7 – Зворотні значення функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на правій смузї руху у напрямку 741 км – 772 км експериментальної ділянки автомобільної дороги.

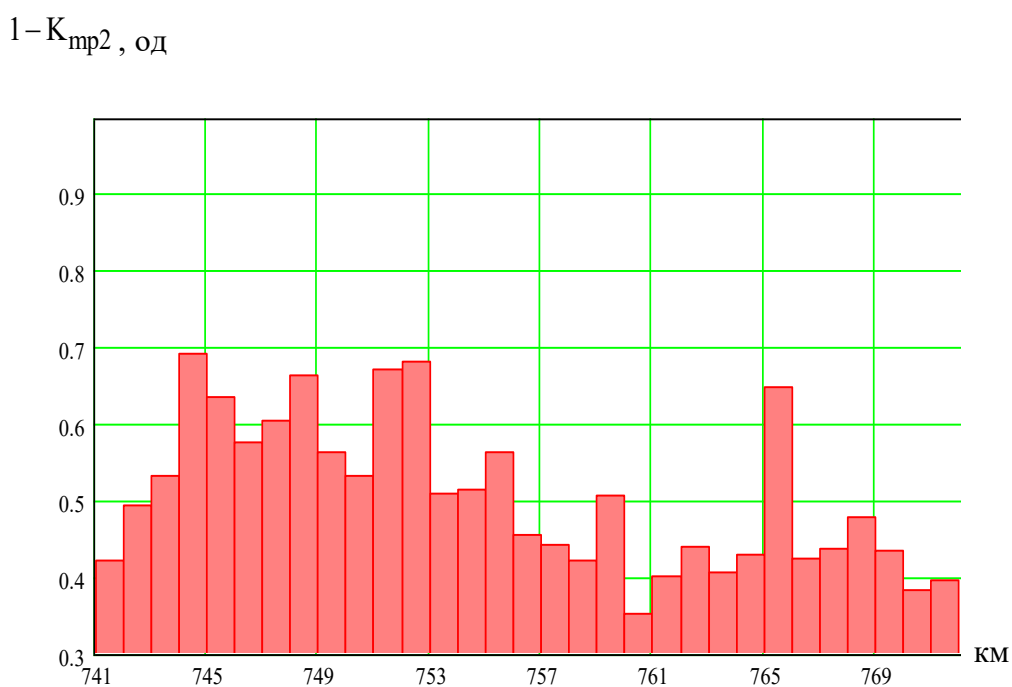


Рисунок 4.8 – Зворотні значення цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на лівій смузї руху у напрямку 741 км – 772 км експериментальної ділянки автомобільної дороги.

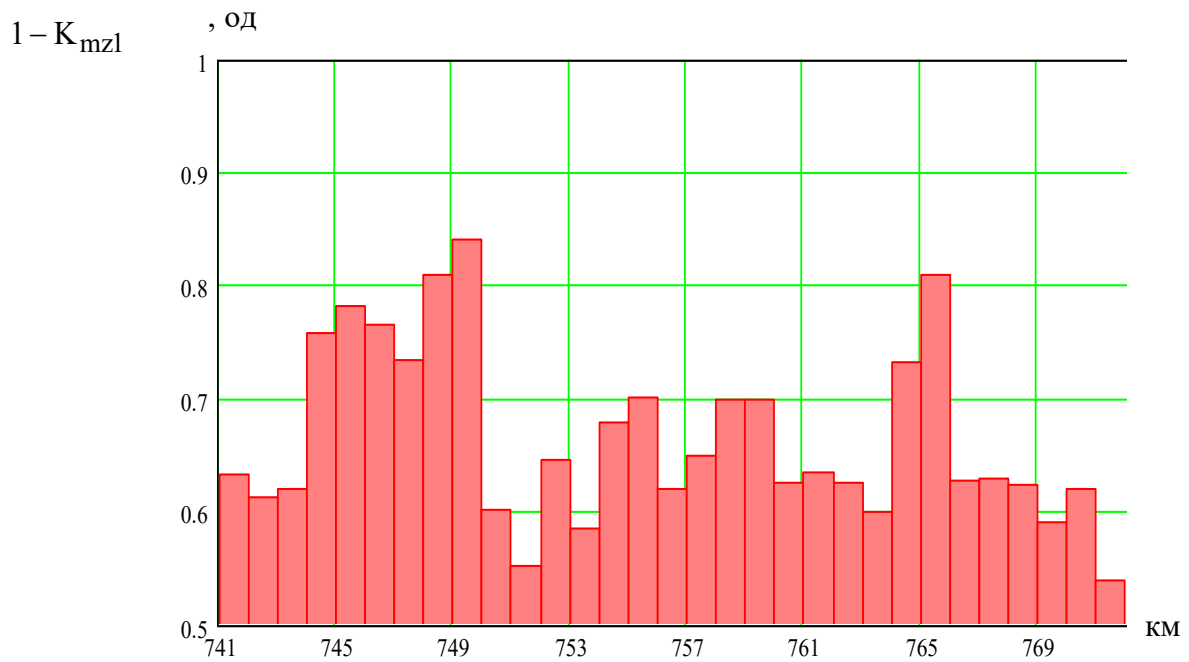


Рисунок 4.9 – Зворотні значення цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на правій смузі руху у напрямку 772 км – 741 км експериментальної ділянки автомобільної дороги.

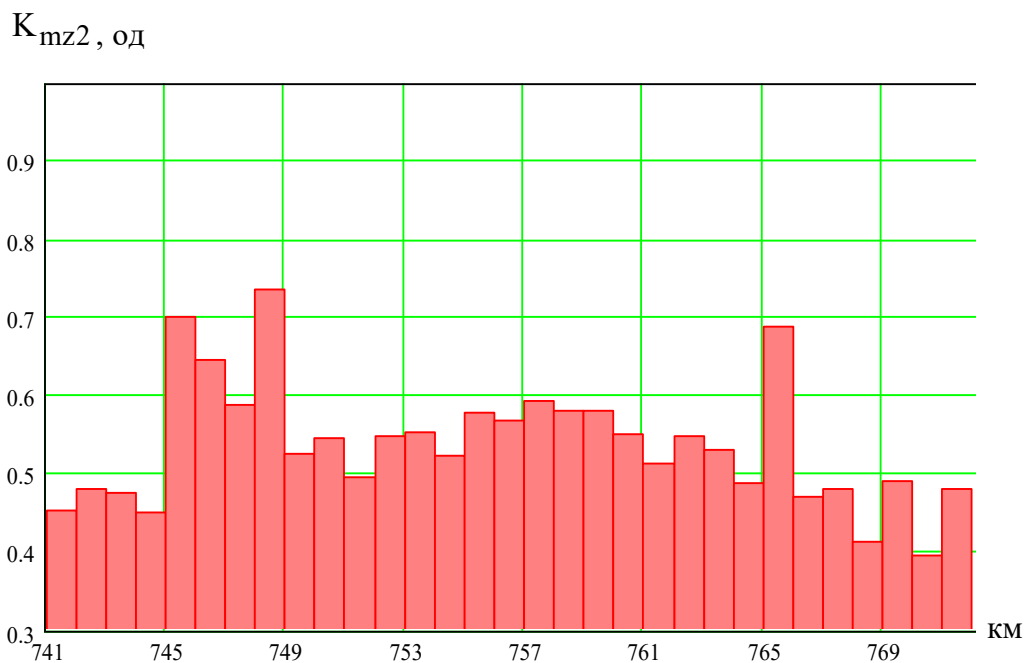


Рисунок 4.10 – Зворотні значення цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на лівій смузі руху у напрямку 772 км – 741 км експериментальної ділянки автомобільної дороги.

Відповідно до зібраних даних щодо статистики ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами побудована наступна діаграма рис. 4.11.

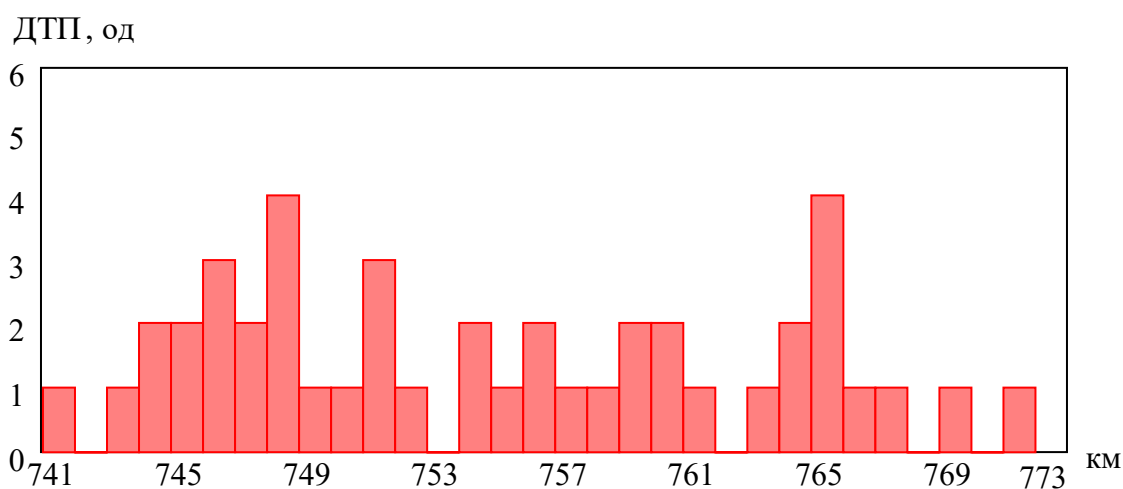


Рисунок 4.11 – Кількості ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами на експериментальній ділянці автомобільної дороги.

У зв'язку з тим, що статистка ДТП не розкриває інформацію щодо напрямків руху відповідних транспортних засобів та смуг руху, на яких відбулися ДТП, пропонується побудувати графік середніх зворотних значень цільової функції за кожною точкою серед чотирьох смуг руху, рис. 4.12.

$1 - \bar{K}_m$

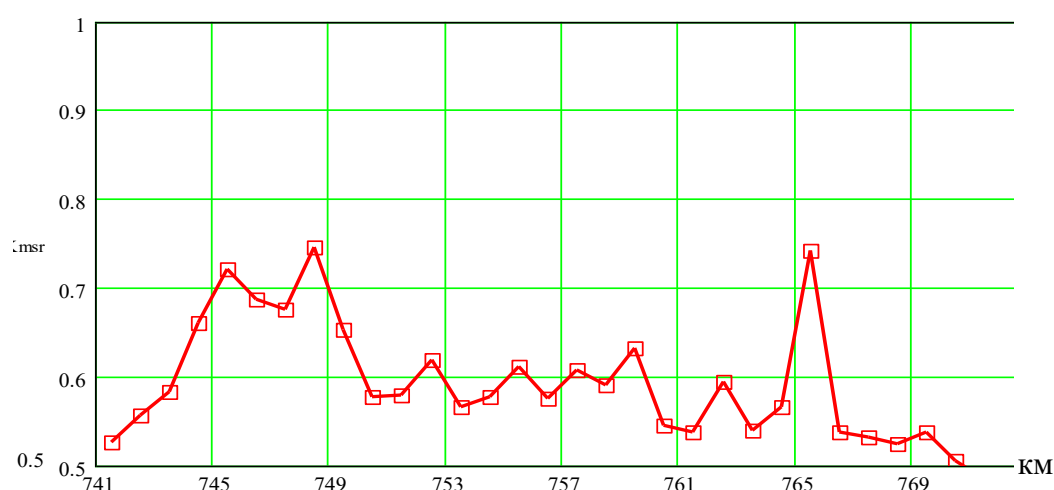


Рисунок 4.12 – Середнє серед смуг руху зворотне значення цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на експериментальній ділянці автомобільної дороги.

Проведемо з застосуванням лінійного кореляційного аналізу перевірку гіпотез щодо наявності прямої пропорційності між значеннями кількості ДТП та зворотними значеннями цільової функції за середніми арифметичними значеннями та за значеннями, що відповідають окремим смугам руху, рис. 4.13.

Об'єм двомірної вибірки даних складає 31 пару точок при відповідному ступеню свободи 30 за даними [116] критичне значення вибірного коефіцієнту лінійної кореляції складає 0,423 для довірчої імовірності 0,95. Наявність значення коефіцієнту кореляції більш даного підтвердить гіпотезу щодо адекватності цільової функції реальним кількісним та топографічним характеристикам аварійності.

d_t d_m
, од.

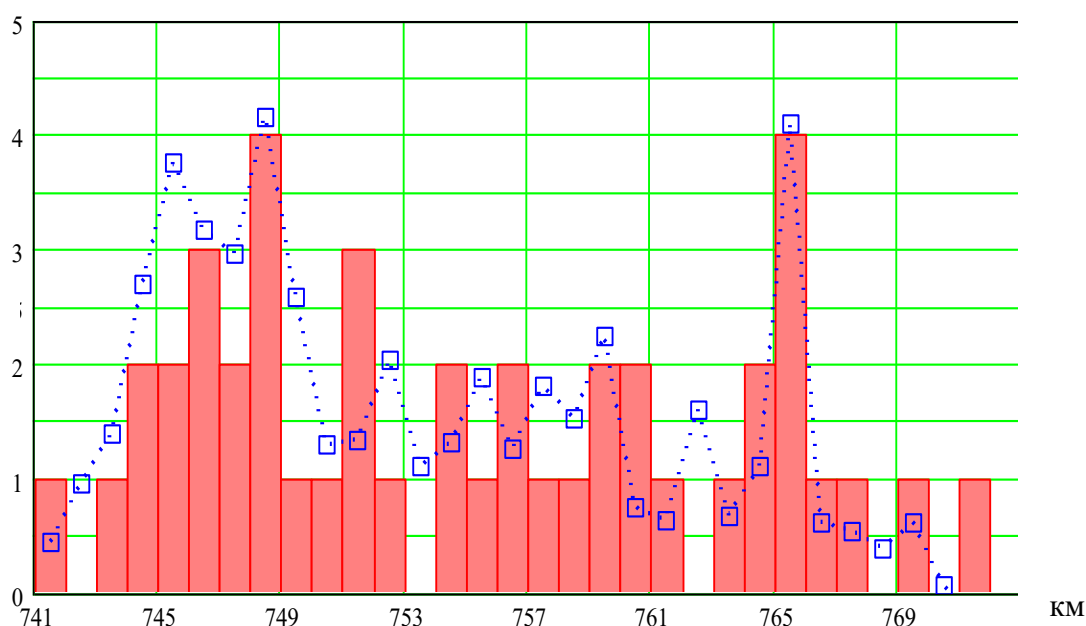


Рисунок 4.13 – Середнє серед смуг руху значення d_t приведенного до середньорічної кількості ДТП значення цільової функції у вигляді $(1 - K_m)$ рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту (штрихова лінія) та d_m середньорічна кількість ДТП на експериментальній ділянці автомобільної дороги (стоббчаста діаграма).

Теоретична кількість ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами для вказаної ділянки автомобільної дороги розраховувалася за наступною формулою:

$$d_t = [(\bar{K}_m)_{\max} - \bar{K}_m] \cdot \gamma_{\text{ДТП}}, \text{ДТП/5років}, \quad (4.5)$$

де d_t – теоретична кількість ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами для ділянок автомобільних дорогах загального користування з двома смугами руху у одному напрямку для поточної кілометрової ділянки, ДТП/5років;

$(\bar{K}_m)_{\max}$ – максимальне значення цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту зі всіх кілометрових ділянок дороги, що досліджується, од;

\bar{K}_m – значення цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту для поточної кілометрової ділянки дороги, що досліджується, од;

$\gamma_{\text{ДТП}}$ – коефіцієнт пропорційності між значенням цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту та кількістю ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами для дороги, що досліджується, ДТП/од.

Для експериментальної ділянки автомобільної дороги загального користування державного значення констант у формулі (4.5) розраховані при проведенні експерименту та є наступними:

$(\bar{K}_m)_{\max} = 0,5$ – максимальне значення цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту зі всіх кілометрових ділянок дороги загального користування державного значення М – 30, од;

$\gamma_{\text{ДТП}} = 17$ – коефіцієнт пропорційності між значенням цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту та кількістю ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами для

експериментальної ділянки дороги загального користування державного значення М – 30, ДТП/од.

Розрахунки відповідних значень коефіцієнтів лінійної кореляції показали наступні результати:

– значення рис. 4.7 та рис 4.11 коефіцієнт лінійної кореляції	0,502;
– значення рис. 4.8 та рис 4.11 коефіцієнт лінійної кореляції	0,548;
– значення рис. 4.9 та рис 4.11 коефіцієнт лінійної кореляції	0,561;
– значення рис. 4.10 та рис 4.11 коефіцієнт лінійної кореляції	0,643;
– значення рис. 4.13 коефіцієнт лінійної кореляції	0,689.

Критичне значення коефіцієнту кореляції було вказане раніше та складає 0,423 [115, 116] за довірчою імовірністю 0,95, тобто всі значення розрахункових коефіцієнтів кореляції більше критичного.

Вказане розкриває, що гіпотеза щодо можливості оцінки цільовою функцією кількісних та топографічних характеристик аварійності за участю пасажирських маршрутних транспортних засобів підтверджується та вказує на адекватність теоретичних положень дисертації.

Максимальне значення розрахункового коефіцієнта кореляції 0,689 відповідає середнім значенням цільової функції, що пояснюється охопленням вказаними значеннями всіх чотирьох випадків для відповідних смуг руху, бо статистика ДТП не розкриває смугу руху та відповідні напрямки руху транспортних засобів в ДТП.

Таким чином, цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту була експериментально перевірена та підтверджена на предмет оцінки кількісних та топографічних характеристик аварійності за участю пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування. Теоретичні положення дисертації експериментально підтверджені.

4.3 Практичні рекомендації з підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту

4.3.1 Оціночна шкала рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортну

Для забезпечення застосування цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на практиці необхідно розробити та відповідним чином обґрунтувати межі значень функції для формування відповідних проєктних рішень при проєктуванні або вдосконаленні маршрутів пасажирського транспорту в межах руху на ділянках автомобільних дорогах загального користування.

За даними [117] прийнято вважати, що скоєння одного ДТП на рік на ділянці дороги визначеної довжини в межах одного кілометра для автомобільних доріг загального користування є випадковим явищем, та на вказаній ділянці рівня безпеки руху є забезпеченою. З урахуванням видів ДТП, що трапляються на автомобільних дорогах загального користування, пропонується за межу забезпечення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту розрахувати та прийняти значення функції, що за статистикою ДТП в середньому відповідає одному ДТП на п'ять років за участю пасажирського маршрутного транспорту на відповідному кілометрі.

Пропонується розрахунки значення функції, що відповідає скоєнню одного ДТП, проводити за наступною формулою з урахуванням значення (4.5):

$$[\bar{K}_m]_1 = (\bar{K}_m)_{\max} - \frac{d_t}{\gamma_{\text{ДТП}}} = 0,5 - \frac{1}{17} = 0,441 \approx 0,4, \text{ од. } \left[\frac{1 \text{ДТП}}{5 \text{років}} \right]^{-1}, \quad (4.6)$$

де $[\bar{K}_m]_1$ – значення функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на ділянках автомобільних дорогах загального користування, що відповідає межі забезпечення рівня безпеки руху вказаних

транспортних засобів в умовах, коли $\bar{K}_m \geq [\bar{K}_m]_1 = 0,4$ од, тобто наявна можливість скоєння одного ДТП на п'ять років в межах ділянки автомобільної дороги загального користування довжиною один кілометр.

За даними [117] прийнято вважати, що скоєння трьох та більше ДТП на рік на ділянці дороги визначеної довжини в межах одного кілометра для позаміських доріг є підставою вважати вказану ділянку дороги місцем концентрації ДТП, та на вказаній ділянці рівень безпеки руху не забезпечено.

З урахуванням видів ДТП, що трапляються на автомобільних дорогах загального користування, пропонується за межу недостатнього забезпечення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту вважати значення функції, що за статистикою ДТП в середньому відповідає трьом ДТП на п'ять років:

$$[\bar{K}_m]_3 = (\bar{K}_m)_{\max} - \frac{d_t}{\gamma_{\text{ДТП}}} = 0,5 - \frac{3}{17} = 0,324 \approx 0,3, \text{ од. } \left[\frac{3\text{ДТП}}{5\text{років}} \right]^{-1}, \quad (4.7)$$

де $[\bar{K}_m]_3$ – значення функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на ділянках автомобільних доріг загального користування, що відповідає межі недостатнього забезпечення рівня безпеки руху вказаних транспортних засобів в умовах, коли $[\bar{K}_m]_1 > \bar{K}_m \geq [\bar{K}_m]_3$ од, тобто наявна можливість скоєння від одного до трьох ДТП на п'ять років в межах ділянки автомобільної дороги загального користування довжиною один кілометр $[\bar{K}_m]_3 = 0,3$ од.

З урахуванням значень функції (4.6) та (4.7) наявна можливість розробити наступну оцінну шкалу:

$\bar{K}_m \geq [\bar{K}_m]_1$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра

забезпечений;

$[\bar{K}_m]_1 > \bar{K}_m \geq [\bar{K}_m]_3$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра недостатньо забезпечений;

$[\bar{K}_m]_3 > \bar{K}_m$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра не забезпечений.

Розроблена шкала значень цільової функції може бути показана у наступному вигляді:

$K_m \geq 0,41$ – рівень безпека пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра забезпечений;

$K_m = 0,31 \dots 0,4$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра недостатньо забезпечений;

$K_m \leq 0,3$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра не забезпечений.

4.3.2 Заходи з підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту

Заходи з підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту необхідно розробляти виходячи з безпосередніх значень цільової функції оцінки рівня безпеки руху. Черговість заходів пропонується наступна:

- заходи зі зменшення чисельного значення цільової функції на макроскопічному рівні аналізу транспортного потоку;
- заходи зі зменшення чисельного значення цільової функції на

мікроскопічному рівні аналізу транспортного потоку;

- заходи зі зменшення чисельного значення цільової функції на інженерно-психологічному рівні аналізу транспортного потоку.

З урахуванням специфіки формування транспортного потоку, організації дорожнього руху та організації руху пасажирських маршрутних транспортних засобів забезпечувати вплив на транспортний потік з урахуванням пасажирських транспортних засобів можливо тільки за рекомендацією кінематичних характеристик руху відповідних транспортних засобів:

– вплив на величину швидкості руху транспортних засобів (для транспортного потоку з застосуванням технічних засобів організації дорожнього руху, для транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту додатково рекомендацією відповідної величини технічної швидкості руху на ділянках маршруту);

– вплив на дистанції між транспортними засобами (у складі транспортного потоку з застосуванням технічних засобів організації дорожнього руху);

– вплив на обмеження дозволу виконання маневрів зміни смуги руху (для транспортного потоку з застосуванням технічних засобів організації дорожнього руху).

Після розрахунку значень цільової функції необхідно порівняти значення з граничними, які отримані за (4.6) та (4.7). У разі отримання значення менш 0,4 з'ясувати розрахунковим чином, яка складова цільової функції має суттєве зниження (складова макроскопічного рівня, мікроскопічного рівня та інженерно-психологічного рівня).

Відповідно до обраної складової необхідно прийняти наступні проєктні рішення:

– заходи зі зменшення чисельного значення цільової функції на макроскопічному рівні аналізу транспортного потоку:

а) наблизити значення величини технічної швидкості пасажирських

маршрутних транспортних засобів до величини швидкості руху транспортного потоку шляхом її рекомендації водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з відповідним забезпеченням зменшення середніх квадратичних відхилень величин швидкостей руху;

б) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів рух за відповідною смугою руху продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з забезпеченням зменшення середніх квадратичних відхилень величин інтенсивності та щільності руху;

в) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів виключити зміни смуг руху продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається;

– заходи зі зменшення чисельного значення цільової функції на мікроскопічному рівні аналізу транспортного потоку:

а) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів підтримувати величину швидкості руху незмінною продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з відповідним забезпеченням зменшення величин середніх квадратичних відхилень величин швидкостей руху транспортних засобів;

б) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів підтримувати зміни величини швидкості руху з мінімальною інтенсивністю продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з відповідним забезпеченням зменшення середніх квадратичних відхилень прискорень руху транспортних засобів;

в) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів у разі необхідності зміни величини швидкості руху виконувати її з мінімальною амплітудою та інтенсивністю продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з відповідним забезпеченням зменшення середніх квадратичних відхилень “кінетичної енергії” транспортних засобів;

– заходи зі зменшення чисельного значення цільової функції на

інженерно-психологічному рівні аналізу транспортного потоку:

а) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів підтримувати дистанцію до транспортного засобу, що рухається попереду, достатньо стабільною продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з відповідним забезпеченням зменшення середніх квадратичних відхилень дистанцій між транспортними засобами;

б) рекомендувати водіям пасажирських маршрутних транспортних засобів виконувати зміну смуги руху тільки при суттєвій необхідності продовж кілометрової ділянки дороги, що розглядається, з відповідним забезпеченням зменшення середніх квадратичних відхилень дистанцій між транспортними засобами.

Таким чином, цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту була доведена до рівня оціночної функції з відповідною шкалою, яка враховує область змін значень функції від 0 до 1 з тенденцією підвищення рівня безпеки руху з наближенням значень до 1. Шкала оцінки значень функції передбачає наступне:

$K_m \geq 0,41$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра є забезпечений;

$K_m = 0,31...0,4$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра є недостатньо забезпечений;

$K_m \leq 0,3$ – рівень безпеки пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра є не забезпечений.

4.3.3 Практичні рекомендації з підвищення рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування

При проєктуванні маршрутів організації пасажирських перевезень в міжміському сполученні пропонується застосовувати оціночну цільову функцію в межах проходження маршруту автомобільними дорогами загального користування.

Застосування цільової функції при проєктуванні маршрутів передбачає наступну послідовність дій:

- збір вихідних даних щодо дорожніх характеристик, характеристик транспортних потоків на кілометрових ділянках автомобільних дорог загального користування, які входять до проєкту маршруту;
- проведення розрахунків функції оцінки рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів за формулою (3.43);
- порівняння отриманих значень функції оцінки рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів з оціночною шкалою;
- проведення відповідних змін в організації руху маршрутного транспорту та повторний розрахунок значень функції оцінки рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів;
- проєктна робота з доведення характеристик руху пасажирських маршрутних транспортних засобів до рівня значення оціночної функції більш 0,4 од.

Таким чином, розроблена методика застосування оціночної цільової функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту при проведенні проєктування нових маршрутів, або вдосконалення нових.

4.4 Експериментальна перевірка цільової функції оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту при оперативному управлінні з метою попередження умов виникнення ДТП

Цільова функція оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування можливо застосувати в межах розробки методики з попередження скоєння ДТП за участю вказаних транспортних засобів.

Цільова функція і метод його визначення можуть бути віднесені до області систем управління рухом транспортних засобів.

Вказані системи у якості вихідних даних оперують поточними значеннями параметрів руху окремих транспортних засобів та усередненими значеннями поточних характеристик транспортних потоків [79]. Тому, для забезпечення можливості застосування цільової функції, не тільки як опосередкованого показника рівня безпеки, але і як керуючої функції системи управління, необхідно сформулювати спосіб його поточного визначення.

Визначення поточних значень цільової функції оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту потребує відповідного зібрання вихідних даних, перелік, яких буде наступним:

– середнє квадратичне відхилення величини швидкості руху транспортного потоку від величини швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;

– середнє квадратичне відхилення величини інтенсивності транспортного потоку від величини інтенсивності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;

– середнє квадратичне відхилення величини щільності транспортного

потоків від величин щільності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту (розрахункове значення);

– середнє квадратичне відхилення величин швидкостей руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;

– середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;

– середнє квадратичне відхилення “кінетичної енергії” транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення “кінетичної енергії” транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;

– середнє квадратичне відхилення дистанцій транспортних засобів на кожному кілометрі ділянки автомобільної дороги загального користування, що обрана об’єктом експериментальних досліджень, відносно середнього арифметичного значення дистанцій пасажирських маршрутних транспортних засобів.

Для проведення розрахунків поточних значень функції необхідно задати додатково ряд констант:

– середній арифметичний інтервал руху у транспортному потоці;

– значення інтервалу руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту;

– середній інтервал руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту;

- середній час реакції водія транспортного засобу, що рухається наступним, на його наближення до попереднього транспортного засобу;
- середній час на виконання транспортним засобом маневру гальмування до рівності відповідних величин швидкостей руху;
- середня величина інтенсивності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня величина щільності руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня величина швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня величина прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня величина дистанції руху перед транспортними засобами пасажирського маршрутного транспорту;
- час реакції водія транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- час спрацювання гальмівної системи транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- час зростання сповільнення транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- розрахункові сповільнення транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту, для забезпечення можливості руху з мінімальною дистанцією до попереднього транспортного засобу.

Схема системи, що буде забезпечувати збір вихідних даних, обробку та спрямування керуючого впливу, зображена на рис. 4.14.

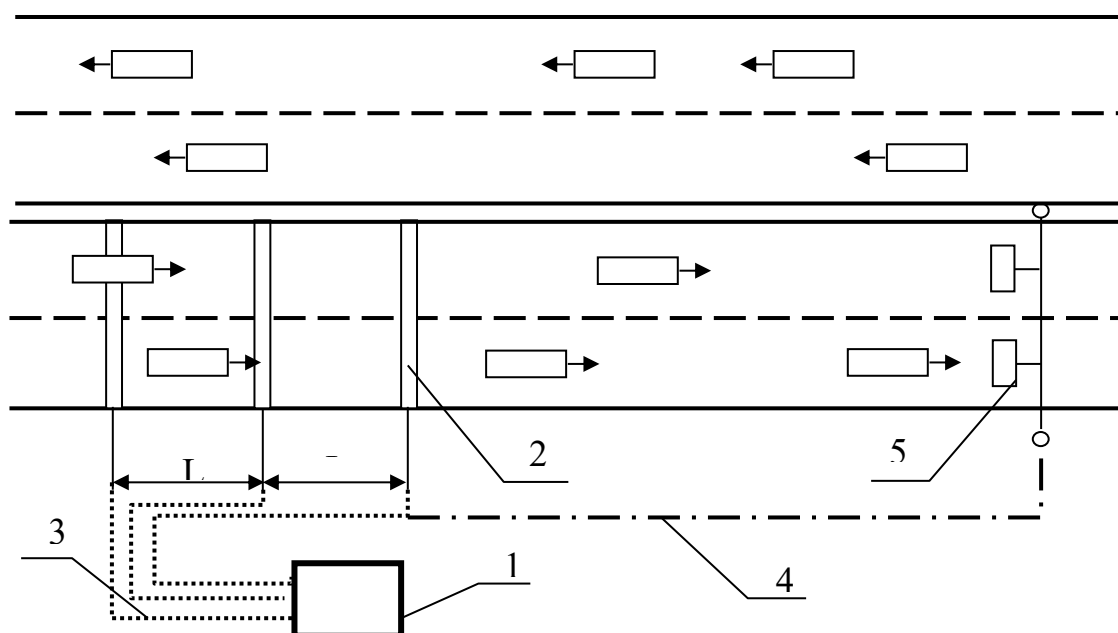


Рисунок 4.14 – Схема системи, що керує рухом транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на основі розрахунку та відповідного порівняння поточних значень цільової функції оцінки рівня безпеки руху вказаних транспортних засобів:

- 1 – камера фіксації та обчислювальний блок;
- 2 – точки виміру, по три на кожну смугу руху ділянки автомобільної дороги загального користування;
- 3 – збір даних обчислювальним блоком;
- 4 – комунікаційні з'єднання обчислювального блоку з керованими дорожніми знаками над смугами руху ділянки автомобільної дороги загального користування;
- 5 – керований дорожній знак над смугами руху ділянки автомобільної дороги загального користування.

Алгоритм розрахунків для визначення цільової функції оцінки рівня безпеки руху має наступний зміст:

- а) значення величини швидкості руху послідовних транспортних засобів між першою та другою точкою виміру V_{1i} та V_{2i} , між другою та

третьою точкою виміру V'_{1_i} та V'_{2_i} на відповідних смугах руху визначаються за формулами:

$$V_{1_i} = \frac{L}{t_{1_i}}, \quad V_{2_i} = \frac{L}{t_{2_i}}, \quad V'_{1_i} = \frac{L}{t'_{1_i}}, \quad V'_{2_i} = \frac{L}{t'_{2_i}}, \quad (4.8)$$

де L – відстань між сусідніми точками виміру, м;

t – значення часу руху транспортних засобів між точки виміру, с.

б) значення прискорень послідовних транспортних засобів за даними з трьох детекторів транспорту на відповідних смугах руху визначаються за формулами:

$$a_{1_i} = \frac{V'_{1_i} - V_{1_i}}{0,5 \cdot (t'_{1_i} + t_{1_i})}, \quad a_{2_i} = \frac{V'_{2_i} - V_{2_i}}{0,5 \cdot (t'_{2_i} + t_{2_i})}; \quad (4.9)$$

в) значення величини швидкості руху транспортних потоків по відповідним смугам руху визначаються за формулами:

$$V_{п1} = \frac{1}{2n_1} \sum (V_{1_i} + V'_{1_i}), \quad V_{п2} = \frac{1}{2n_2} \sum (V_{2_i} + V'_{2_i}), \quad (4.10)$$

де n – кількість зібраних даних за смугами руху щодо величин швидкостей руху транспортних засобів за час Δt циклу оновлення показань на керованих знаках;

г) значення величини інтенсивності руху транспортних потоків по відповідним смугам руху визначаються за формулами:

$$N_1 = \frac{2n_1}{\sum (t_{1_i} + t'_{1_i})}, \quad N_2 = \frac{2n_2}{\sum (t_{2_i} + t'_{2_i})}; \quad (4.11)$$

д) всі інші значення отримуються розрахунковим шляхом та вводяться як константи до блоку 1, де розраховується значення оціночної функції рівня безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту за (3.46);

е) проводиться порівняння отриманих поточних значень (3.46) продовж часу Δt циклу оновлення показань на керованих знаках зі значеннями шкали:

– у разі зменшення характеристики за 0,41 од. на керованих знаках вказується вимога заборони зміни смуги руху для маршрутних транспортних засобів, знак 3.25 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4 правил дорожнього руху [118];

– у разі зменшення характеристики за 0,3 од. на керованих знаках вказується вимога заборони зміни смуги руху для маршрутних транспортних засобів, знак 3.25 правил дорожнього руху з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4, вимога рекомендованої величини швидкості руху 70 км/год. знак 5.33 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4, вимога руху з дотриманням дистанції не менш 60 м знак 3.20 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4 (константи отримані шляхом вирішення зворотної задачі для (3.46)) [118].

Таким чином, у підрозділі розроблена технологія та відповідна схема пристрою, які дозволяють у оперативному режимі впливати на рівень безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів.

4.5 Висновки за розділом 4

У розділі розроблена методика підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування з урахуванням закономірностей теорії транспортного потоку в транспортному потоці.

Був обраний та відповідним чином обґрунтований об'єкт

експериментального дослідження у вигляді ділянки автомобільної дороги загального користування з транспортним потоком, до складу якого входять пасажирські маршрутні транспортні засоби та наявна відповідність найбільш загальному випадку формування його складу.

Прийнятий об'єкт експериментального дослідження – ділянка автомобільної дороги загального користування М – 30 Стрий – Тернопіль – Кропивницький – Знам'янка – Луганськ – Ізварине. Проведений аналіз характеристик вказаної ділянки дороги показав на наявність відповідності вимогам, що були сформульовані у попередньому підрозділі, на відповідну величину інтенсивності руху пасажирського маршрутного транспорту та на формування транспортного потоку на вказаній ділянці у найбільш загальному варіанті за його складом.

Цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту була експериментально перевірена та підтверджений на предмет оцінки кількісних та топографічних характеристик аварійності за участю пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Перевірена адекватність оціночної функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Теоретичні положення дисертаційної роботи експериментально підтверджені.

Результати розрахунків вказують, що в межах експериментальної автомобільної дороги загального користування поділеною на ділянки довжиною 1 кілометр де сталося 1 ДТП з пасажирським маршрутним транспортом значення цільової функції склало менше 0,441. При зниженні значення цільової функції нижче 0,324 кількість ДТП зростає до 3.

Розроблена шкала значень цільової функції може бути показана у наступному вигляді:

$K_m \geq 0,41$ – рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра забезпечений;

$K_m = 0,31...0,4$ – рівень безпека руху пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра недостатньо забезпечений;

$K_m \leq 0,3$ – рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на ділянці автомобільної дороги загального користування в межах кілометра не забезпечений.

Розроблена методика застосування оціночної функції рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту при проведенні проектування нових маршрутів, або вдосконалення нових в межах ділянок маршруту на автомобільних дорогах загального користування.

Розроблений спосіб реалізація пристрою, що надає можливість в оперативному режимі впливати на умови руху транспортного потоку з метою забезпечення рівня безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів.

Результати розділу опубліковані у [119, 120, 122 – 124].

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведено рішення актуальної науково-практичної задачі, що полягає в удосконаленні методу підвищення безпеки дорожнього руху за рахунок зниження відхилень характеристик руху пасажирського маршрутного транспорту від транспортного потоку.

Основні результати роботи:

1. Проведений аналіз існуючих методів з оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування дозволив з'ясувати, що більшість скоєних ДТП відбувається на автомобільних дорогах, що мають дві та більше смуг руху, при цьому мають найвищі показники тяжкості ДТП. В Україні внаслідок ДТП гине 10,2% від загальної статистики загиблих. Значна кількість ДТП з загиблими та травмованими особами приходить на пасажирський маршрутний транспорт, а саме на автомобільних дорогах загального користування.

В результаті аналізу існуючих методів безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування встановлено, що вказані методи на базі енергетичної теорії транспортних потоків мають переваги над іншими, оскільки безпосередньо відображають природу явища.

2. Досліджено вплив на безпеку руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування. Наведено цільову функцію безпеки руху, яка дозволяє оцінити вплив пасажирського маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку, такі як прискорення, кінетична енергія, шум прискорень, що дозволяє розрахувати значення цільової функції та оцінити рівень безпеки на ділянці автомобільної дороги за допомогою оціночної шкали.

3. Розроблено математичну модель підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах

загального користування. Дослідження загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування дозволило провести запис залежностей рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту відносно величини відхилень енергетичних та кінематичних показників маршрутних транспортних засобів відносно характеристик транспортних засобів потоку.

Запропонована модель дозволяє оцінити рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту через відхилення характеристик руху на макроскопічному, мікроскопічному та інженерно-психологічному рівнях аналізу транспортного потоку. Отримано необхідні значення обмежень та діапазонів відхилень енергетичних та кінематичних характеристик, що дозволяє використовувати модель для оцінки безпеки руху існуючих маршрутів і для прогнозування нових та максимізації рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Цільова функція оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту була доведена до рівня оціночної функції з відповідною шкалою, яка враховує область змін значень функції від 0 до 1 з тенденцією підвищення рівня безпеки руху з наближенням значень до 1:

$K_m \geq 0,4$ – рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту забезпечений;

$K_m = 0,3...0,4$ – рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту недостатньо забезпечений;

$K_m \leq 0,3$ – рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту не забезпечений.

4. Розроблено метод та методику підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування.

Перевірено адекватність оціночної функції. Об'єм двомірної вибірки даних склав 31 пару точок (у кожному перерізі дороги з 31 перерізу формувались 124 точки дослідження характеристик

руху транспортних засобів) при відповідному ступеню свободи 30. Критичне значення коефіцієнту кореляції склало 0,423 за довірчої імовірності 0,95, тобто всі значення розрахункових коефіцієнтів кореляції більше за критичне. Максимальне значення розрахункового коефіцієнта кореляції складає 0,689 та відповідає середнім значенням цільової функції, що пояснюється охопленням вказаними значеннями всіх чотирьох випадків для відповідних смуг руху.

Результати розрахунків вказують, що в межах експериментальної автомобільної дороги загального користування поділеної на ділянки довжиною 1 кілометр де сталося 1 ДТП з пасажирським маршрутним транспортом значення цільової функції склало менше 0,441. При зниженні значення цільової функції нижче 0,324 кількість ДТП зростає до 3.

Наведено реалізацію системи, що дозволяє в оперативному режимі оцінювати рівень безпеки та впливати на умови руху транспортного потоку з метою забезпечення відповідного рівня безпеки руху. Методику оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування впроваджено у виробничій та навчальній процес, представлено в програмі міжнародного проєкту Master in SMARt transport and LOGistics for cities (SMALOG) в рамках програми ЄС Еразмус+/КА2 (номер проєкту 585832-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-SBHE-JP).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Naqvi, N. K., Quddus, M., & Enoch, M. (2023). Modelling the effects of fuel price changes on road traffic collisions in the European Union using panel data. *Accident Analysis & Prevention*, 154, 107196. [DOI: 10.1016/j.aap.2023.107196].
2. Song, Y., & Chen, Y. (2023). Modelling speed reduction behaviour on variable speed limit-controlled highways considering surrounding traffic pressure: A random parameters duration modelling approach. *Accident Analysis & Prevention*, 154, 100290 [DOI: 10.1016/j.aap.2023.100290].
3. Qiu, J. H., & Du, L. (2023). Cooperative trajectory control for synchronizing the movement of two connected and autonomous vehicles separated in a mixed traffic flow. *Transportation Research Part B: Methodological*, 174, 102769. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2023.05.00>.
4. Зеркалов, Д. В., Левковець, П. Р., Мельниченко, О. І., та Дмитрієв, О. М. (2002). *Безпека руху автомобільного транспорту: Довідник*. Київ: Основа.
5. Державний стандарт України. (2018). ДСТУ 2935:2018 Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення понять. Київ: Держстандарт України.
6. Goniewicz, K., Goniewicz, M., Pawłowski, W., & др. (2016). Road accident rates: strategies and programmes for improving road traffic safety. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 42, 433–438. <https://doi.org/10.1007/s00068-015-0544-6>.
7. Aghamohammadi, R., & Laval, J. A. (2022). Parameter estimation of the macroscopic fundamental diagram: A maximum likelihood approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 140, 103678.
8. Абрамова, Л. С., Птиця, Г. Г. (2019). Ймовірнісні складові визначення рівнів аварійності на автомобільних дорогах загального користування. *Вісник Українського товариства інженерів транспорту*, 4, 21 – 28.

9. Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 № 1360-р // База даних Законодавство України / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020-%D1%80#Text> (дата звернення 18.06.2022).

10. Державна програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 25.04.2018 № 435 // База даних Законодавство України / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-2018-%D0%BF> (дата звернення 18.06.2022).

11. World Health Organization. WHO global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. Geneva: World Health Organization, 2013. http://www.un.org/en/roadsafety/pdf/roadsafety2013_eng.pdf.

12. Державні будівельні норми України. (2015). Автомобільні дороги. Частина I. Проектування (ДБН В.2.3-4:2015). Київ: Мінрегіон України.

13. Savchenko, L., Grygorak, M., Polishchuk, V., Vovk, Y., Lyashuk, O., Vovk, I., & Khudobei, R. (2022). Complex evaluation of the efficiency of urban consolidation centers at the micro level. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 115(10), 1 – 10. doi:10.20858/sjsutst.2022.115.10.

14. Czech, M. (2021). PAN – European transport corridors in the policy of the European Union. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 112 (51 – 62). doi:10.20858/sjsutst.2021.112.4.

15. Всесвітня організація охорони здоров'я. (2021). Статистика дорожньо-транспортних пригод. Женева, Швейцарія: Всесвітня організація охорони здоров'я.

16. Європейська транспортна агенція. (2021). Статистика дорожньо-транспортних пригод. Брюссель, Бельгія: Європейська транспортна агенція. https://transport.ec.europa.eu/index_en.

17. Національна поліція України. (2021). Статистика дорожньо-транспортних пригод. Київ, Україна: Національна поліція України. <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
18. Державне агентство автомобільних доріг України. (2023). Статистика автомобільних доріг загального користування України. Київ, Україна: Державне агентство автомобільних доріг України.
19. Національна поліція України. (2023). Статистика дорожньо-транспортних пригод в Україні. Київ, Україна: Національна поліція України. <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
20. Wijnen, W., Weijermars, W., Schoeters, A., Van den Berghe, W., Bauer, R., Carnis, L., Elvik, R., & Martensen, H. (2019). An analysis of official road crash cost estimates in European countries. *Safety Science*, 115, 113 – 124. doi:10.1016/j.ssci.2018.12.004.
21. ДСТУ 3587:2022. (2022). Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану.
22. IRU. (2022). World Bus Facts 2022. Geneva, Switzerland: IRU.
23. Державне агентство автомобільних доріг України. (2023). Класифікація автомобільних доріг загального користування України. Київ, Україна: Державне агентство автомобільних доріг України.
24. Сахно, В. П., Мурований, І. С., Онищук, В. П., Попелиш, Д. М., Томчук, С. М. (2020). До питання стійкості метробуса у гальмівному режимі. *Вісник машинобудування та транспорту*, 1(11), 115 – 125. DOI: 10.31649/2413-4503-2020-11-1-115-125.
25. Goudon, O., & Lebacque, P. (2023). Density fluctuations in stochastic kinematic flows. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 83 (2), 1211 – 1231. [DOI: 10.1137/22M1494166].
26. Keegan, J. T. (2014). *Transportation psychology: Theory and practice*. Routledge.
27. Ali, Y. Y., & Haque, M. (2023). Modelling braking behaviour of distracted young drivers in car-following interactions: A grouped random

parameters duration model with heterogeneity-in-means. *Accident Analysis & Prevention*, 154, 107015. [DOI: 10.1016/j.aap.2023.107015].

28. Вознюк, А., Гульчак, О., Каськів, В., Шапенко, Є. (2021). Обґрунтування факторів впливу на безпеку дорожнього руху. *Дороги і мости*, 23, 205. DOI: 10.36100/dorogimosti2021.23.205.

29. Птиця, Г. Г., Абрамова, Л. С. (2020). Analysis of approaches to the implementation of the road safety management system in Ukraine. *Vehicle and Electronics. Innovative Technologies*, (17), 33–41. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2020.17.0.33>.

30. Лобашов, О. О., Сабадаш, В. В., Ткаченко, І. О., та ін. (2021). Інженерно-транспортна експертиза при розслідуванні ДТП. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. ISBN 978-966-695-536-7.

31. NHTSA. (2016). The relationship between traffic density and crashes. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

32. Tian, W., Ma, J., Qiu, L., Wang, X., Lin, Z., Luo, C., & Li, Y. (2023). The double lanes cell transmission model of mixed traffic flow in urban intelligent network. *Energies*, 16(7), 3108. [DOI: 10.3390/en16073108].

33. Кашканов, А. А. (2018). Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод (монографія). Вінниця: ВНТУ. ISBN 978-966-641-740-7.

34. Галаса, П.В. (1995). Экспертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. Київ: “Експерт-сервіс”.

35. Przybyl, P., та Svytek, M. (2018). Telematics in transport. Cham: Springer.

36. Поліщук, В. П., Нагребельна, О. Я. (2011). Динамика системы автомобиль-дорога-шина. Київ: Фізико-механічний інститут НАНУ.

37. Поліщук, В. П., Виговська, І. А., Корчевська, А. А., та Нагребельна, Л. П. (2023). Моделювання розподілу транспортних потоків на мережі автомобільних доріг. *Дороги і мости*, 27, 253. DOI: 10.36100/dorogimosti2023.27.253.

38. Іванишин, В. І. (2006). Дорожньо-транспортні пригоди: аналіз,

статистика, профілактика. Київ: Вища школа.

39. Gutierrez-Osorio, C., & Pedraza, C. (2020). Modern data sources and techniques for analysis and forecast of road accidents: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 139, 105455. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105455>.

40. Barabino, B., Bonera, M., Maternini, G., Olivo, A., & Porcu, F. (2021). Bus crash risk evaluation: An adjusted framework and its application in a real network. *Accident Analysis & Prevention*, 156, 106258. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106258>.

41. Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут. (2005). Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія. Під ред. А.М. Редзюка. Київ: ДП “ДержавтотрансНДІпроект”.

42. Велічко, Г. В., Філіппов, В. В. (2005). Вирішення сучасних проблем проектування автомагістралей. *Автошляховик України*, (5), 28 – 31.

43. Оліскевич, М. (2017). Організація автомобільних перевезень. Частина 1. Вантажні перевезення. Львів: Видавництво Львівської політехніки. ISBN 978-966-941-084-9.

44. Маруніч, В. С., Шморгун, Л. Г., та ін. (2017). Організація та управління пасажирськими перевезеннями. Київ: Міленіум. ISBN 978-966-8063-80-1.

45. Герзель, В. М., Марчук, М. М., Фабрицький, М. А., & Рижий, О. П. (2006). Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху. Рівне: НУВГП. 200 с.

46. Eboli, L., Forciniti, C., & Mazzulla, G. (2020). Factors influencing accident severity: an analysis by road accident type. *Transportation Research Procedia*, 47, 449 – 456. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.120>.

47. Truong, L. T., & Currie, G. (2019). Macroscopic road safety impacts of public transport: A case study of Melbourne, Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 105270. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105270>.

48. Мигаль, Г. В., Протасенко, О. Ф. (2021). Безпека та організація

дорожнього руху. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського “Харків. авіац. ін-т”. 85 с.

49. Попович, В. В., Руденко, Д. В. (2012). Пасажирські перевезення. Львів: ЛДУБЖД.

50. Кічук, С. І. (2013). Організація пасажирських перевезень автомобільним транспортом. Київ: КНУТД.

51. Попович, В. В. (2014). Права і обов'язки пасажирів автомобільного транспорту. Київ: КНУТД.

52. Попович, В. В. (2015). Безпека пасажирських перевезень автомобільним транспортом. Київ: КНУТД.

53. Форнальчик, Є. (2017). Моделювання транспортних потоків. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Проблеми транспорту і навколишнього середовища*, 83, 24 – 33.

54. Форнальчик, Є., Кузьо, І., Гілевич, В. (2019) До визначення затримок автобусів на маршрутах. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів*, Вип. 910, pp. 125–129. Видавництво Львівської політехніки.

55. Босняк, М. Г. (2009). Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: НУ “Львівська політехніка”.

56. Haight, F. M. (1966). *Mathematical Theory of Traffic Flow*. MIR Publishers.

57. Drew, D. R. (1965). *Traffic Flow Theory and Control*. McGraw-Hill Book Company.

58. Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis: Models and Applications*. Springer Science & Business Media..

59. Поліщук, В. П., Дзюба, О. П. (2008). Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху. Київ: Знання України.

60. Дмитриченко, М. Ф., Гаврилов, Е. В., Доля, В. К., та ін. (2005).

Системологія на транспорті. Кн. IV: Організація дорожнього руху. Київ: Знання України.

61. Хом'як Я.В. В. (1986). Організація дорожнього руху. Київ: Вища школа.

62. Гудзенко, В. Г., Кіктенко, В. М., Крупський, В. В., та ін. (2009). Телематика в транспорті: технічні засоби та технології. Київ: Кондор.

63. Гуцуляк, В. В., Гуцуляк, І. І., та Гуцуляк, С. Ю. (2012). Телематичні системи в транспорті. Львів: Наукова думка.

64. Попович, В. В., та Руденко, Д. В. (2012). Автомобільні дороги: Проектування, будівництво та експлуатація. Львів: ЛДУБЖД.

65. Zhang, Y., Zhang, H., & Liu, Y. (2016). A new approach to the problem of traffic flow prediction with variable input. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, 1 – 17. doi:10.1016/j.trc.2015.11.007.

66. Корольчук, М. С. (2003). Психофізіологія діяльності. Київ: Ельга, Ніка-Центр.

67. Гуцуляк, В. В. (2018). Телематичні системи в транспорті: Навчальний посібник. Львів: Наукова думка.

68. Zeng, J., Qian, Y., Lv, Z., Yin, F., Zhu, L., Zhang, Y., & Xu, D. (2021). Expressway traffic flow under the combined bottleneck of accident and on-ramp in framework of Kerner's three-phase traffic theory. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 565, 125918.

69. Kerner, B.S. (2001) Complexity of Synchronized Flow and Related Problems for Basic Assumptions of Traffic Flow Theories. *Networks and Spatial Economics*. <https://doi.org/10.1023/A:1011577010852>.

70. Kerner, B. S. (2009). Introduction to modern traffic flow theory and control: The long road to three-phase traffic theory. Springer Science & Business Media.

71. Дмитриченко, М. Ф., Гаврилов, Е. В., Доля, В. К., та ін. (2005). Системологія на транспорті. Кн. V: Ергономіка. Київ: Знання України.

72. Sprenger, R., & Mönch, L. (2012). A methodology to solve large-scale

cooperative transportation planning problems. *European Journal of Operational Research*, 223(3), 743 – 752. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.01>.

73. Kumar, S., Toshniwal, D. (2016). A data mining approach to characterize road accident locations. *Journal of Modern Transport*, 24, 62 – 72. <https://doi.org/10.1007/s40534-016-0095-5>.

74. Prokudin, G., Chupaylenko, O., Dudnik, O., Dudnik, A., & Omarov, D. (2016). Improvement of the methods for determining optimal characteristics of transportation networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(3 (84)), 54–61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85211>.

75. Блажнов, І. А. (2012). Автомобільний транспорт: організація і управління. Київ: КНУТД.

76. Olena Slavinska, Vitalii Stozhka, Anna Kharchenko, Andrey Bubela, & Alina Kvatadze. (2019). Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation. *Eastern-european Journal of Enterprise Technologies*, 1(3 (97)), 46 – 59. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519>.

77. Кельман, І. І. (2001). Основи забезпечення системної ефективності експлуатаційних властивостей автобусів. Львів: Мета. 200 с.

78. Mishra, R. K., Parida, M., & Rangnekar, S. (2018). Evaluation and analysis of traffic noise along bus rapid transit system corridor. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 68, 108 – 117. [doi:10.1016/j.trd.2018.01.012](https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.01.012).

79. Клинковштейн, Г. І., та Афанасьєв, М. Б. (1992). Організація дорожнього руху. 207 с.

80. Указівка по забезпеченню безпеки руху на автодорогах. ВСН 25-86. (1987). [Чинний від 01-05-1987].

81. Treiber, M., & Hennecke, A. (2007). Traffic flow theory and simulation: A microscopic approach. Springer Science & Business Media.

82. Herman, R., & Thompson, S. P. (1994). Traffic flow theory: A macroscopic approach. Elsevier.

83. O'Flaherty, C A. Highways. Third edition. Volume 1: Traffic planning and engineering. United States.
84. Papageorgiou, M. (2003). Traffic flow theory and simulation. Springer Science & Business Media.
85. Yeh, T. F. (2005). Traffic flow fundamentals. Springer Science & Business Media.
86. Поліщук, В. П. (1990). Проектування автоматизованих систем управління рухом на автомобільних дорогах. Київ: УМК ВО.
87. White, D. J. (2009). Traffic flow theory and control. John Wiley & Sons.
88. Поліщук, В. П., Нагребельна, Л. П. (2016). Аналіз факторів, що спричиняють ДТП на автомобільних дорогах загального користування, та пропозиції по їх ліквідації. *Дороги і мости*, 2, 32 – 36.
89. Кашканов, А. А., та Кужель, В. П. (2013). Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Київ: КНУТД.
90. Habel, L., та Schreckenberg, M. (2014). Asymmetric lane change rules for a microscopic highway traffic model. У J. Waş, G.C. Sirakoulis та S. Bandini (ред.), *Cellular automata*. ACRI 2014. Lecture Notes in Computer Science, том 8751. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-11520-7_66.
91. Державний стандарт України. (2018). Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення понять (ДСТУ 2935:2018). Київ: Держстандарт України.
92. Закон України “Про автомобільні дороги”. (2005). Відомості Верховної Ради України, 2005, № 13 – 14, ст. 111.
93. Batrakova, A., & Gredasova, O. (2016). Influence of road conditions on traffic safety. *Procedia Engineering*, 134, 196 – 204. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.060>.
94. Попов, С.Ю. (2007). Формування характеристик безпеки руху маршрутних транспортних засобів в умовах наявних транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник*, № 2, 138 – 142. Горлівка: АДІ ДВНЗ “ДонНТУ”. DOI: 10.13140/RG.2.2.18932.97926.

95. Поліщук, В. П., Попов, С. Ю. (2023). Вплив пасажирського маршрутного транспорту на макроскопічні характеристики транспортного потоку. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, 113 (II), 164 – 170. DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-164-170.

96. Polishchuk Volodymyr, & Popov Stanislav. (2023). MICROSCOPIC TRAFFIC FLOW MODEL WITH INFLUENCE OF PASSENGER TRANSPORT. *World Science*, 2 (80). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062023/8015.

97. Sonal, S., & Suman, S. (2018). A framework for analysis of road accidents. 2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations in *Engineering and Technological Research (ICETIETR)*, 1 – 5. doi:10.1109/ICETIETR.2018.8529088.

98. Дудніков, О. М. (2003). Формування й експериментальне обґрунтування системи оцінки рівня безпеки руху енергетичними характеристиками транспортного потоку. *Безпека дорожнього руху України*. Науково-технічний вісник, 1 (2), 63 – 72. Дудніков О.М. (2004) Управління безпекою дорожнього руху на основі енергетичних характеристик транспортного потоку. *Безпека дорожнього руху України*. Науково-технічний вісник. – МВС України.

99. Дмитриченко, М.Ф. (2005). Системологія на транспорті. В Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, та ін. (Автори), Кн. V: Ергономіка (с. 256). Київ: Знання України.

100. Hakim, S., Shefer, D., Hakkert, A. S., & Hocherman, I. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 23 (5), 379 – 400. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90058-D](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90058-D).

101. Varabino, B., Bonera, M., Maternini, G., Olivo, A., & Porcu, F. (2015). Risk factors affecting fatal bus accident severity: Their impact on different types of drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 29 – 39. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.09.025>.

102. Попов, С. Ю. (2012). Характеристики безпеки руху

транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, no. 11, 2012, pp. 15 – 20. DOI: 10.15587/1729-4061.2012.3909.

103. Попов, С.Ю. (2012). Синтез критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах II категорії. *Автошляховик України: Науково-виробничий журнал*, № 3(227), 20 – 24. Київ: ТОВ “Спрінт – Україна”. DOI: 10.13140/RG.2.2.27898.30405.

104. Дмитриченко, М.Ф. (Ред.). (2005). Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн. (Кн. II: Технологія наукових досліджень і технічної творчості). Київ: Знання України.

105. Oluwole, A. M., Abdul Rani, M. R., & Mohd Rohani, J. (2015). Commercial Bus Accident Analysis through Accident Database. *Journal of Transport System Engineering*, 2(1), 7 – 14. Retrieved from <https://jtse.utm.my/index.php/jtse/article/view/33>.

106. Крушельницька, О.В. (2003). Методологія та організація наукових досліджень: Навчальний посібник. Київ: Кондор.

107. Li, Y., Wang, Z., & Liu, H. (2020). A novel data-driven model for bus stop location optimization. *Transportation Research Procedia*, 44, 64 – 71. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.037>.

108. Антонюк, О. В., Борщевський, П. Г., Гардерман, В. Д. (2013). Уточнення нормативного часу реакції водія при експертних розрахунках. *Криміналістика й судова експертиза*, (58 (2)), 396 – 402.

109. Herbert, L. (2022). Road accident expertise. Routledge.

110. Mc’Nees, R. W. (1982). Insity study determining Lane maneuvering distance for three-and four-lane freeways, for various traffic-volume conditions. *Transportation Research Record*, (869), 37 – 45.

111. Miller, A. I. (1970). An Empirical Model for Multilane Road Traffic. *Transportation Science*, 4(2), 164 – 186.

112. Huang, J., & Chen, C. (2021). A robust optimization model for optimal fleet management under stochastic demand and uncertain charging time.

Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 156, 102599. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102599>.

113. Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A survey of road traffic congestion measures towards a sustainable and resilient transportation system. *Sustainability*, 12(11), 4660. <https://doi.org/10.3390/su12114660>.

114. Горкавий, В. К., та Ярова, В. В. (2004). *Математична статистика: Навчальний посібник*. Київ: ВД “Професіонал”. 384 с.

115. Lahlou, M., & Boussaid, M. (2019). A new method for bus stop location in urban public transportation systems. *MATEC Web of Conferences*, 298, 00045. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929800045>.

116. Varabino, B., Bonera, M., Maternini, G., Olivo, A., & Porcu, F. (2021). Bus crash risk evaluation: An adjusted framework and its application in a real network. *Accident Analysis & Prevention*, 159, 106258. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106258>.

117. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування.

118. Попов, С.Ю. (2012). Експериментальна перевірка критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах другої категорії. *Автошляховик України: Науково-виробничий журнал*, №5(229), 19-24. DOI: 10.13140/RG.2.2.12124.60802.

119. Попов, С.Ю. (2013). Technology of traffic control of passenger public transport to provide road safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (62), 65 – 68. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.11720>.

120. Верховна Рада України. (2003). Закон України “Про дорожній рух”. Відомості Верховної Ради України, 2003, № 40 – 41, ст. 358.

121. Popov, Stanislav, Traffic Control Technology for Public Transport in Order to Provide Traffic Safety (July 10, 2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4505252>.

122. Popov Stanislav. (2024). Traffic flow model with influence of

passenger transport. *World Science*, 2(82).
https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062024/8130.

123. Polishchuk Volodymyr P., Popov Stanislav (2024). Influence of passenger route transport on traffic safety on the street and road network. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: науковий журнал*, 115(I), 164 – 170. DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-164-170.

124. Popov Stanislav. (2024). Traffic flow model with influence of passenger transport. *World Science*, 1 (81). DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30032024/8130.

125. Polishchuk Volodymyr P., Popov Stanislav (2024). Influence of passenger route transport on traffic safety on the street and road network. *Вісник Національного транспортного університету: науковий журнал*, 58 (I), 41 – 48. DOI: 10.33744/2308-6645-2024-1-58-133-141.

126. Polishchuk V.P., Nahrebelna L.P., Vyhovska I.A., Popov S. Yu. (2024). Applying energy principles to the assessment of road traffic safety. *Вісник Національного транспортного університету: науковий журнал*, 58 (I), 133 – 141. DOI: 10.33744/2308-6645-2024-1-58-133-141.

Додаток А

Документи впровадження результатів дисертаційної роботи



І Н С Т И Т У Т
КДМП
КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
"ІНСТИТУТ "КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ"
LLC «Institute «Kyivdormistproekt»

м. Київ, 01133, бульвар Л.Українки, 26 тел.: 044-451-71-89
http:// www.kdmp.com.ua, E-mail: kdmp@kdmp.com.ua

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Попова Станіслава Юрійовича

«Підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування»

Цей акт складений про те, що результати дисертаційної роботи Попова С.Ю. «Підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук впроваджені в практичну діяльність ТОВ "Інститут "КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ".

Впроваджені наступні результати дисертаційної роботи:

- метод оцінки безпеки дорожнього руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування;
- цільова функція і критерії оцінки рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту;
- технологія застосування оціночної функції потенційної безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту.

Впровадження наведених результатів дисертаційної роботи Попова Станіслава Юрійовича дозволило підвищити ефективність рішень з підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування в межах роботи підприємства.

Директор

ТОВ "Інститут "КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ"

17 серпня 2023 р.



Воробйов В.В.



020102

УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
 e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

15.08.2023 № 1257/13

на № _____

АКТ


Про впровадження результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційної роботи Попова Станіслава Юрійовича за темою: «Підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування» впроваджено у навчальний процес Національного транспортного університету на кафедрі «Транспортних систем та безпеки дорожнього руху» при викладенні дисципліни «Технічні засоби управління дорожнім рухом» для студентів спеціальності 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті) освітньо-професійна програма «Інтелектуальні системи управління дорожнім рухом»

Проректор з навчальної роботи НТУ
 Кандидат технічних наук, професор


 Віталій ХАРУТА

Завідувач кафедри
 транспортних систем та
 безпеки дорожнього руху
 доктор технічних наук, професор


 Володимир ПОЛІЩУК



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
 Національного транспортного
 університету



к.т.н., проф. О.К. Гришук

« / » 2018 р.

АКТ

про впровадження в навчальний процес матеріалів кандидатської дисертаційної роботи
 «Підвищення безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних
 дорогах загального користування»

асистента кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху
 Попова Станіслава Юрійовича

З 2015 навчального року по теперішній час в освітньому процесі кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету використовуються науково-методичні матеріали і прикладні результати, що містяться в кандидатській дисертації асистента кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху Попова С.Ю.

Так, при проведенні навчального процесу зі магістрами спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» з дисципліни «Організація перевізних послуг та безпека транспортного процесу» на кафедрі транспортних систем та безпеки дорожнього руху впроваджені теоретичні і прикладні аспекти організації роботи пасажирських маршрутних транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування з урахуванням рівня безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту, які мають важливе народно-господарське і соціальне значення для розвитку перевезень пасажирів в міжміському сполученні.

В дипломному проектуванні на факультеті транспортних та інформаційних технологій використовується розроблений в кандидатській дисертації Попова С.Ю. метод оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах загального користування, який враховує імовірність виникнення ДТП з урахуванням маршрутних транспортних засобів.

Включення матеріалів і результатів дисертаційної роботи Попова С.Ю., які мають певну наукову новизну і практичну цінність, у освітній процес факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету, сприяють його поліпшенню і подальшому удосконаленню.

Декан факультету транспортних
 та інформаційних технологій,
 д.ф.-м.н., професор

В.Д. Данчук

Завідувач кафедри транспортних
 систем та безпеки дорожнього руху,
 д.т.н., професор

В.П. Поліщук



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ
ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «НАЦІОНАЛЬНИЙ
ІНСТИТУТ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ»
(ДП «НІРІ»)

просп. Берестейський, буд. 57, м. Київ, 03113, тел. (044) 456 34 15
імейл: nauka@nidi.org.ua, вебсайт: www.nidi.org.ua
код ЄДРПОУ 03450778

29.02.24 № 19.2-15-217-1

на № _____ від _____

ДОВІДКА

Результати досліджень, які відображені у дисертаційній роботі здобувача кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху Національного транспортного університету Попова Станіслава Юрійовича, були використані під час виконання науково-дослідної роботи за темою: «Виконати аналіз і переглянути ГБН В.2.3-218-549:2010 та ГБН В.2.3-218-550:2010 і привести їх до вимог чинного законодавства» (Тематичний план науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор) на 2016 рік (тема № 97), затверджений рішенням Колегії Укравтодору від 12.04.2016 № 11. Договір від 19.09.2016 № 109-16).

За результатами цієї наукової роботи були розроблені та впроваджені ГБН В.2.3-37641918-550:2018 «Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування».

Перший заступник директора, к.т.н.

Анатолій ЦИНКА

034430



УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА

ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 70130

Науковий твір "Характеристики взаємодії пасажирського маршрутного транспорту з транспортними засобами потоку"

(вид, назва твору)

Автор(и) Попов Станіслав Юрійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації

30.01.2017



Голова Державної служби інтелектуальної власності України

В.о. Голови А.А. Малиш

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 78141

Науковий твір "Енергетичний підхід до оцінки умов безпеки дорожнього руху"

(вид, назва твору)

Автор(и) Єресов Володимир Іванович, Попов Станіслав Юрійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 06.04.2018



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE • Україна • UKRAINE

ПК «Україна» - Зас. 17-2020, 2017 р. IV кв.





CERTIFICATE

Is awarded to

Stanislav POPOV

for participation in the International Scientific Conference

**MANAGEMENT OF BUSINESS PROCESSES
AND TECHNOLOGICAL INNOVATIONS
IN THE CURRENT CONTEXT
AND IN THE POST-WAR PERIOD**

Chairman of the Program
Committee

Mykola DMYTRYCHENKO

12 Hours of Participation (0,4 ECTS credits)
10-11 October, 2023
Kyiv, Ukraine



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

585832-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP

Master in SMART transport and LOGistics for cities
SMALOG

 **Robert-Schmidt-Institut**
Hochschule Wismar, Faculty of Engineering



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

By means of this document we certify that Assistant Professor Stanislav Popov from National Transport University (Kyiv, Ukraine) has participated in “Special Mobility Strand for Training” at the Hochschule Wismar, University of Applied Sciences: Technology, Business and Design, Faculty of Engineering, developing 240 hours of training activity in accordance with the “Staff Mobility for Training Mobility Agreement”, from 12th of June 2019 to 24th of July 2019.



Prof. Dr. rer. nat. Norbert Gruenwald
Hochschule Wismar, University of
Applied Sciences: Technology,
Business and Design
Faculty of Engineering
Director Robert-Schmidt-Institute

CERTIFICATE

— OF PARTICIPATION —

Stanislaw Popov

in the lectures-training on the topic "Digital Transformation in Green Tourism: European Practices and Sustainability" (24.10 - 24.11.2023), worth 1 ECTS credit.

Organized within the framework of the Jean Monet project "European Practices of Green Tourism and Its Transformation in Post-War Ukraine"

(Jean Monet Module 101126971 LS - ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH)


Head of project
Leonid Taraniuk



Funded by the
European Union



Sumy State
University



Coordinator of project
Olena Kasian



Co-Funded by the
European Union