Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ВОЗНЮК АНДРІЙ БОРИСОВИЧ

УДК 656.13

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК НА МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

05.22.01 – транспортні системи

Транспортні технології (за видами)

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
_____ А.Б. Вознюк

Науковий керівник:
Каськів Володимир Іванович,
кандидат технічних наук, доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар спеціалізованої вченої ради
Д 26.059.02
_____ О.Ю. Усиченко

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Вознюк А.Б. Удосконалення методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)) Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами, сформульована мета та завдання дослідження, викладена наукова новизна та практична цінність отриманих результатів. У вступі також розкривається особистий внесок автора, питання апробації результатів, публікації за темою дисертаційної роботи, загальний обсяг та структура роботи.

У **першому розділі** проаналізовано стан проблеми безпеки дорожнього руху в Україні та проведено аналіз попередніх праць, що присвячені вивченню питань забезпечення безпеки дорожнього руху, зниження рівня аварійності та існуючих методів прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг.

Формуванню передумов для здійснення даного дослідження сприяли наукові праці Сильянова В.В., Ланового О.Т., Осташевського С.А., Хабутдінова Р.А., Гукова М.І., Осипова В.О., Могили І.А., Форнальчика Є.Ю., Прокудіна Г.С., Лобанова Е.М., Дрю Д., Хейта Ф., Раппопорта Х., Шнабеля В., Лозе Д., Соренсена М., Руне Е. та багатьох інших. У цих фундаментальних працях розглянуто питання теорії транспортних процесів і систем, встановлені основні закономірності функціонування транспортних систем, розроблені принципи формування систем і методи управління транспортними процесами.

Значна частина досліджень розглядає питання безпеки дорожнього руху з точки зору досягнення максимальної ефективності роботи транспортних потоків:

в найкоротший час, за найкоротшим маршрутом та з максимально можливою безпечною швидкістю.

Зроблено висновок, що найбільш дієвим методом прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг є проведення аудиту безпеки дорожнього руху, що дозволить на різних стадіях технологічного готовності дороги виявити та усунути можливі причини ДТП.

Отримані результати аналізу існуючих методів зниження рівня аварійності визначили подальші напрямки теоретичних і експериментальних досліджень з встановлення факторів, що мають найбільший вплив на безпеку дорожнього руху.

У **другому розділі** наведено теоретичне обґрунтування удосконалення методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на основі отриманого показника невідповідності умов руху вимогам транспорту, та метод розрахунку просторової видимості.

Аналіз системи «Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище – Інформація» (ВАДСІ) свідчить, що процес руху автомобіля в транспортному потоці є складним та непередбачуваним. Це зумовлено багатьма факторами: дорожніми умовами, кількістю і технічними характеристиками транспортних засобів, психофізіологічним станом, досвідом водія тощо. Саме тому, постає необхідність встановити відповідність умов руху вимогам транспорту

У результаті обробки даних натурних спостережень методами кластерного аналізу та на основі деревовидної дендрограми було встановлено ієрархію факторів, що мають найбільший вплив на швидкість руху.

Визначено, що для моделювання процесів, які відбуваються на дорожній мережі, необхідно оцінити залежності зміни швидкості руху від визначених факторів.

Для оцінки сукупного впливу всіх визначених факторів була розроблена багатофакторна модель зміни швидкості руху.

Обґрунтовано порівняльний показник невідповідності – це показник, який дозволяє оцінити відповідність умов руху вимогам транспорту на підставі величини перепаду швидкостей на суміжних ділянках автомобільної дороги або

вулиці з урахуванням абсолютних значень величин швидкостей руху на цих суміжних ділянках.

У третьому розділі встановлено, що система ВАДСІ має динамічний характер функціонування в умовах реального дорожнього руху та сучасної транспортної інфраструктури, тобто прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг вимагає моніторингу та обробки великих масивів даних в умовах реального часу, що стає можливим з використанням інформаційних технологій Великих даних.

Встановлено підходи до визначення швидкості руху транспортних потоків на ділянках з різноманітними дорожніми умовами. Для подальшої оцінки відповідності існуючих дорожніх умов вимогам транспортних потоків має бути забезпечена безпечна швидкість.

Комбінуючи дані про розподіл швидкостей з іншими даними про автомобільну дорогу та аварійність, встановлено залежності поєднання небезпечних факторів, що чинять вирішальний вплив на виникнення кожного окремого ДТП або утворення аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг і місць концентрації ДТП.

У дисертаційній роботі розроблено метод визначення просторової видимості. Його суть полягає в тому, що просторова видимість забезпечена, якщо в кожній з площин поперечних профілів відсутня перешкода променю зору водія на зустрічний транспорт або перешкоду на дорозі.

У четвертому розділі, в рамках вирішення поставлених у дисертаційній роботі задач, був розроблений програмний комплекс «Safety analysis», що має на меті вирішення завдання прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг. Даний програмний комплекс дозволяє автоматизовано проводити розрахунок безпечної швидкості транспортних потоків та враховувати фактори, що мають на неї найбільший вплив.

Результати експериментальних досліджень вказали на необхідність розробки алгоритмів розрахунку меж ділянок з однорідними умовами руху та величини швидкостей транспортних потоків. Для кожної ділянки автомобільної дороги було

обґрунтовано наведена причина зниження швидкості в порівнянні із швидкістю вільного руху та швидкості руху транспортного потоку, яка в певних умовах вважатиметься однаково прийнятною та безпечною для всіх транспортних засобів потоку.

Оскільки на аварійно-небезпечні ділянки мають вплив всі компоненти системи ВАДСІ, тому постає необхідність вивчення всіх компонент, що дозволить приймати оптимальні рішення. Прогнозування аварійно-небезпечних ділянок є головною задачею при розробці заходів для забезпечення безпеки дорожнього руху.

Запропонована у роботі методика розрахунку показника невідповідності на окремих ділянках доріг дозволила розподілити ділянки дороги за пріоритетністю дій з усунення небезпечних факторі та обґрунтувати плани виконання робіт.

Проведений порівняльний аналіз отриманих результатів дослідження з статистичними даними про ДТП дозволив встановити розподіл аварійно-небезпечних ділянок на досліджуваних автомобільних дорогах.

За допомогою розробленої методики розрахунку показника невідповідності та методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг можливе удосконалення організації та безпеки дорожнього руху за наступними напрямками: для оцінки безпеки руху при виконанні робіт з аудиту, реконструкцій та капітального ремонту ділянок автомобільних доріг.

Ключові слова: аварійно-небезпечна ділянка, автомобільна дорога, аудит безпеки, безпека руху, дорожньо-транспортна пригода, інтенсивність руху, показник невідповідності, рух, транспортний потік, швидкість.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1) Vozniuk A, Kaskiv V. Use of Big Data for actualization of approaches to road

accident analysis. *Technology audit and production reserves*. 2020. №3/2(53) P. 23-37. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.205354

2) Vozniuk A., Kaskiv V. Towards traffic flow modelling approaches updating. *World Science*. 2020. Vol. 9(61). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340

Статті у фахових виданнях:

3) Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П., Міненко Є.В. Недоліки в дорожніх умовах та їх вплив на виникнення дорожньо-транспортних пригод. *Дороги і мости*. 2019. Вип. 19-20. С. 163-172. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.170

4) Каськів В.І., Шапенко Є.М., Гуков М.І., Вознюк А.Б. Практичне застосування показника невідповідності для оцінювання безпеки руху *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2019. Вип. 106. С. 31-39.

5) Каськів В.І., Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П. До питання аудиту безпеки автомобільних доріг України. *Автошляховик України*. 2020. № 1 (261). С. 32-39. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-32-39

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6) Andrii Vozniuk, Mykola Gukov. An approach to detecting road sections with limited visibility using three-dimensional model of road. *Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania»*. Transport engineering and management. 8 May 2013. Vilnius. Lithuania. P. 81-84.

7) Вознюк А.Б. Системний підхід до заспокоєння дорожнього руху. Зважування-в-русі: результати пілотного проєкту та перспективи розвитку. *Сучасні інноваційні рішення для реалізації національної програми «ВЕЛИКЕ БУДІВНИЦТВО»* : міжнародна наук.-практ. конфер. 10-11 листопада 2020. Київ. URL: https://bit.ly/3kvK0EJ

8) Каськів В.І., Вознюк А.Б. Дослідження параметрів транспортних потоків з використанням даних WIM. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2020. С. 141.

http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

9) Вознюк А.Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки. *Дороги і мости*. 2014. Вип. 14. С. 111-124.

10) Вознюк А.Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах. *Дороги і мости*. 2016. Вип. 16. С. 86-99.

11) Вознюк А.Б. Использование геопространственных данных для аудита безопасности дорожного движения. *Автомобильные дороги и мосты*. РДУП «БелдорНИИ», Минск. 2019 . № 1 (23). С. 63-71.

12) Bezuglyi A.O., Kontseva V.V., Vozniuk A.B., Stasiuk B.O. The necessity for organisation of road traffic to increase safety on roads after road works. *News of science and education*. 2019. №5 (66). P. 75-94.

ABSTRACT

Vozniuk A.B. Improving the method of forecasting hazardous locations on the road network. – As a manuscript.

The dissertation for a degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.22.01 «Transport systems» (275 Transport technologies (on motor transport)) National transport university of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The introduction reveals the essence and state of the scientific problem, substantiates the relevance of the work, formulates its purpose and specific tasks, scientific novelty and practical significance of the research results.

In the first chapter, as a result of the analysis of normative and scientific-practical literature, it is established that traffic safety problems are global for Ukraine. Road traffic injuries and deaths in Ukraine are among the highest in Europe.

Overwhelming majority of known techniques are aimed at processing and analyzing data on traffic conditions after the accident, and the assigned measures are aimed at improving road conditions only at black spots.

In this study, it was found that the most effective method of forecasting hazardous locations on the road network is a road safety audit, that allows to identify and eliminate possible causes of accidents at the all stages of road construction and maintenance.

Today, the problem of road safety and forecasting of hazardous locations on the road network is an urgent and complex socio-economic and technical task.

Thus, surveying is an important component of traffic risk factors identifying, which in the future will allow to start a multifactor analysis of the reliability of the system «Driver-Car-Road-Environment-Information» (DCREI) and forecasting of hazardous locations on the road network.

The second chapter is devoted to the establishment of theoretical prerequisites for improving road safety and formulates an approach to determining the basic principles of traffic conditions compliance with the traffic flow requirements.

The analysis of traffic flow modeling approaches demonstrated necessity of taking into account four levels of modeling (fundamental, microscopic, macroscopic and mesoscopic).

According to the survey on M-06 Kyiv-Chop road, an array of initial data was prepared for further assessment of the impact of the established factors on traffic speed. It is established that the speed of both personal vehicles and traffic for a certain time period and on a certain road section is the main indicator of DCREI operation.

The collected traffic condition data on were analyzed with the cluster analysis methods and a hierarchy of factors with the most significant impact on traffic speed was established.

Subsequent full factorial experiment made it possible to assess the multifactorial influence of certain factors on the traffic speed. It is shown that the relationship between the traffic speed influencing factors can be determined by statistical processing of the study results. The obtained regularities of the traffic speed change under the impact of

considered factors allowed to use these models in practical calculations and to proceed to the establishment of the cumulative traffic speed influence.

Full factorial experiment allowed to estimate multifactorial traffic speed influence of the considered factors. Analysis of the obtained multifactor model statistical characteristics showed that this model adequately describes the transport process and can be used in practice.

Also, to ensure flexibility and timeliness of decision-making, it is proposed to use algorithms based on the use of non-compliance to find potentially emergency places. This approach will allow the most efficient use of available data on the road network of Ukraine and traffic flows on it.

In the third chapter was established that DCREI has a dynamic nature of functioning in real traffic and modern transport infrastructure, i.e. forecasting of hazardous locations on the road network requires monitoring and processing of huge datasets in real-time conditions, which becomes possible with the use of Big Data technology.

Approaches to determining the traffic speed in road sections with different road conditions were developed. To further assess the compliance of existing road conditions with the traffic requirements, a safe speed must be ensured.

The use of Big Data technology provides an opportunity to increase the road safety. The results obtained in the dissertation can be used to update traffic speed influence of the various factors, as well as for forecasting hazardous locations on the road network, modeling tools calibration and calculations.

Based on the «simplified» spatial model and with the help of Big Data technology, it is possible to analyze and make appropriate decisions to predict hazardous locations and situations caused by road geometry.

The use of described above technologies will reduce the number of traffic accidents, redistribute traffic flows to reduce road wear and, in the future, for forecasting hazardous locations on the road network, analyzing the parametric characteristics of each element of the DCREI.

In the fourth chapter, as part of the solution of the dissertation tasks, a software package «Safety analysis» was developed for solving the problem of forecasting hazardous locations on the road network. This software allows automatic calculating the safe speed taking into account multifactorial traffic speed influence of the considered factors.

The results of experimental studies indicated the need for developing algorithms for calculating the boundaries of areas with homogeneous traffic conditions and the safe speeds. For each road section, the reason for the speed decreasing compared to the free flow speed, and the traffic speed, which will be considered equally acceptable and safe for all vehicles in certain conditions.

Since the hazardous locations are affected by all components of DCREI, so there is a need to study all components, which will allow to make optimal decisions. Forecasting of hazardous locations is the main task in developing measures to ensure road safety.

Offered in the work the non-compliance index method for separate road sections allows to distribute sections of the road on priority of actions on elimination of hazardous factors and to substantiate plans of road maintenance works.

The conducted comparative analysis of the obtained results of the research with the statistical data on road accidents allowed to establish the distribution of hazardous location on the studied roads.

Non-compliance index method and its based method of forecasting hazardous location on the road network help to improve the road safety and road management in the following areas: to estimate traffic safety during road safety audit, road construction works etc.

Keywords: hazardous location, movement, non-compliance index, road accident, road safety audit, road safety, road, speed, traffic flow, traffic volume.

Articles in foreign publications or in Ukrainian publications that are included in international scientometric databases:

1) Vozniuk A, Kaskiv V. Use of Big Data for actualization of approaches to road

accident analysis. *Technology audit and production reserves*. 2020. №3/2(53) P. 23-37. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.205354

2) Vozniuk A., Kaskiv V. Towards traffic flow modelling approaches updating. *World Science*. 2020. Vol. 9(61). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340

Articles in professional publications:

3) Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П., Міненко Є.В. Недоліки в дорожніх умовах та їх вплив на виникнення дорожньо-транспортних пригод. *Дороги і мости*. 2019. Вип. 19-20. С. 163-172. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.170

4) Каськів В.І., Шапенко Є.М., Гуков М.І., Вознюк А.Б. Практичне застосування показника невідповідності для оцінювання безпеки руху *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2019. Вип. 106. С. 31-39.

5) Каськів В.І., Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П. До питання аудиту безпеки автомобільних доріг України. *Автошляховик України*. 2020. № 1 (261). С. 32-39. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-32-39

Published approbation articles:

6) Andrii Vozniuk, Mykola Gukov. An approach to detecting road sections with limited visibility using three-dimensional model of road. *Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania»*. Transport engineering and management. 8 May 2013. Vilnius. Lithuania. P. 81-84.

7) Вознюк А.Б. Системний підхід до заспокоєння дорожнього руху. Зважування-в-русі: результати пілотного проєкту та перспективи розвитку. *Сучасні інноваційні рішення для реалізації національної програми «ВЕЛИКЕ БУДІВНИЦТВО»* : міжнародна наук.-практ. конфер. 10-11 листопада 2020. Київ. URL: https://bit.ly/3kvK0EJ

8) Каськів В.І., Вознюк А.Б. Дослідження параметрів транспортних потоків з використанням даних WIM. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2020. С. 141.

http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf

Published articles that additionally reflect the scientific results of the dissertation:

9) Вознюк А.Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки. *Дороги і мости*. 2014. Вип. 14. С. 111-124.

10) Вознюк А.Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах. *Дороги і мости*. 2016. Вип. 16. С. 86-99.

11) Вознюк А.Б. Использование геопространственных данных для аудита безопасности дорожного движения. *Автомобильные дороги и мосты*. РДУП «БелдорНИИ», Минск. 2019 . № 1 (23). С. 63-71.

12) Bezuglyi A.O., Kontseva V.V., Vozniuk A.B., Stasiuk B.O. The necessity for organisation of road traffic to increase safety on roads after road works. *News of science and education*. 2019. №5 (66). P. 75-94.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ…… 16
ВСТУП……. 17
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ТА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ…… 23
1.1 Аналіз транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг України та транспортних потоків на ній…….. 23
1.2 Аналіз методів визначення показників безпеки дорожнього руху…….. 34
1.3 Аналіз існуючих досліджень, що присвячені питанням безпеки дорожнього руху……... 41
1.4 Аудит безпеки автомобільних доріг, як метод зниження аварійності…. 46
1.5 Розроблення основних завдань дослідження……..……... 50
Висновки до розділу 1…….. 52
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК …… 53
2.1 Системний підхід до вивчення руху транспортних потоків…….. 53
2.2 Встановлення підходів до моделювання транспортного потоку та використання їх для проектних рішень…….. 54
2.3 Обґрунтування факторів, які впливають на безпеку руху…….. 58
2.4 Встановлення залежностей зміни швидкості руху від факторів, що визначають дорожні умови…….. 68
2.5 Обґрунтування показника невідповідності умов руху вимогам транспорту……. 76
2.6 Обґрунтування просторової видимості на ділянці автомобільної дороги 79
Висновки до розділу 2…….. 84

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В РІЗНИХ ДОРОЖНІХ УМОВАХ …… 86

3.1 Використання технології Великих даних для прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг……. 86

3.2 Встановлення підходів до визначення швидкості руху транспортних потоків на ділянках з різними дорожніми умовами…….. 90

3.3 Натурні дослідження швидкості руху та створення бази актуальних даних з використанням Великих даних…….. 96

3.4 Розроблення методу визначення просторової видимості……..……... 105

3.5 Підвищення безпеки дорожньої інфраструктури з використанням технології Великих даних про параметри доріг…….…….. 114

3.6 Прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг з використанням технології Великих даних……. 117

3.7 Раціональна організація транспортних потоків за допомогою технології Великих даних про розподіл транспортних засобів смугами руху…… 126

3.8 Підвищення безпеки руху з урахуванням Великих даних про геометричні параметри транспортних засобів…….....… 128

Висновки до розділу 3…….. 131

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ……. 133

4.1 Розроблення програмного комплексу для прогнозування аварійно-небезпечних ділянок……..……... 133

4.2 Методика превентивного прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг……... 144

4.3 Розроблення заходів з підвищення безпеки руху на основі отриманих результатів……. 158

Висновки до розділу 4…….. 163

ВИСНОВКИ……..... 165
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..... 168
ДОДАТОК А ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ МАНЕВРУ ОБГОНУ……... 182
ДОДАТОК Б ДАНІ ПРО ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, СКЛАД РУХУ ТА ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ М-14 (км 177+366 – км 221+883)..... 185
ДОДАТОК В ДАНІ ПРО ДТП (2018-2020 роки) НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ М-14 (км 177+366 – км 221+883)……..... 189
ДОДАТОК Г РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКА НЕВІДПОВІДНОСТІ НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ М-14 (км 177+366 – км 221+883)……..... 203
ДОДАТОК Д ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.. 218
ДОДАТОК Е СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ…….. 225

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АІС	Автоматизована інформаційна система
ГБН	Галузеві будівельні норми
ДБН	Державні будівельні норми
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ЄС	Європейський Союз
ITC	*(англ. Intelligent transportation system)* Інтелектуальна транспортна система
ОДР	Організація дорожнього руху
СНиП	Будівельні норми та правила (рос. Строительные нормы и правила)
СОУ	Стандарт організації України
iRAP	*(англ. International Road Assessment Programmes)* Міжнародні програми з оцінювання доріг
WIM	*(англ. International Road Assessment Programmes)* Система зважування в русі
IRI	*(англ. International roughness index)* Міжнародний індекс шорсткості
EuroRAP	*(англ. European Road Assessment Programmes)* Європейські програми з оцінювання доріг
RPS	*(англ. Road Protection Score)* Рівень захищеності дороги

ВСТУП

Актуальність теми. Постійне зростання кількості автомобілів та інтенсивності руху створює низку проблем, що пов'язані із необхідністю забезпечення безпеки дорожнього руху. Та ж тенденція зростання спостерігається при аналізі кількості травмованих і загиблих внаслідок дорожньо-транспортних пригод (ДТП), що призводить до значних матеріальних втрат. Все вищенаведене вказує на те, що проблема безпеки руху є глобальною для країни та потребує негайного розроблення шляхів її вирішення.

Теоретичні і методологічні основи організації та безпеки дорожнього руху представлено в наукових працях Бабкова В.Ф., Вайсмана А.І., Капського Д.В., Клінковштейна Г.І., Гаврилова Е.В. Розкриттям закономірностей роботи системи «Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище» та ролі людського фактору в цій системі була приділена увага таких вчених як Афанасьєв Л.Л., Гюлев Н.У., Поліщук В.П. Проведений аналіз існуючих досліджень засвідчив наявність фундаментальних праць у напрямку забезпечення безпеки руху, але також виявив ряд питань, які не були враховані раніше. Аналіз розподілу швидкостей по всій довжині дороги або вулиці у поєднанні з аналізом умов руху надають можливість встановити причини виникнення аварійних ситуацій. Оскільки, наявні методики спрямовані на оброблення та аналізування даних про умови руху вже після настання ДТП, а заходи, які згідно них призначаються, спрямовані на поліпшення дорожніх умов лише на місцях концентрації ДТП, тому питання удосконалення методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. *Метою дослідження* є удосконалення методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг з урахування впливу дорожніх умов на швидкість руху.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні *завдання*:

- виконати аналіз існуючих методів прогнозування аварійно небезпечних ділянок і визначення показника безпеки на автомобільних дорогах;
- удосконалити метод прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на

основі обґрунтування показника невідповідності умов руху вимогам транспорту;

- розробити метод розрахунку просторової видимості на автомобільній дорозі;
- провести натурні та математично-статистичні дослідження швидкостей руху транспортного потоку в різних дорожніх умовах з метою підтвердження адекватності розробленого методу;
- розробити методику та програмний продукт для потреб аудиту безпеки автомобільних доріг з метою превентивного виявлення аварійно-небезпечних ділянок.

Об'єкт дослідження – процес руху транспортних потоків на мережі автомобільних доріг.

Предмет дослідження – прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг з комплексним врахуванням впливу дорожніх умов, інтенсивності руху та складу транспортного потоку.

Методи дослідження – для вирішення поставлених у роботі задач використано наступні методи: натурні спостереження, системний аналіз, математична статистика і методи множинної кореляції, теорія планування експерименту, теорії транспортних потоків. Дослідження виконувались із використанням сучасного програмного забезпечення, а також з використанням прикладних пакетів програм Statistica 12.0, для оптимізації розрахунків була розроблена комп'ютерна програма «Safety Analysis».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до тематичних планів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України:

- державний реєстраційний номер 0114U004956 – Виконати аналіз досвіду використання та переглянути СОУ 45.2-00018112-038:2009 «Паспорт автомобільної дороги»;
- державний реєстраційний номер 0115U005118 – Виконати аналіз досвіду використання нормативних документів щодо геоінформаційної системи управління автомобільними дорогами та розробити відповідні зміни до них в

частині встановлення основних вимог до системи та визначення вартості робіт із її супроводу;

- державний реєстраційний номер 0116U007459 – Виконати аналіз та переглянути СОУ 45.2-00018112-006:2006 «Безпека дорожнього руху. Порядок огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг»;

- державний реєстраційний номер 0116U007480 – Розробити методичні рекомендації та відповідний програмно-аналітичний комплекс з оцінки відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків на підставі даних з паспорту автомобільної дороги та галузевих баз даних;

- державний реєстраційний номер 0117U005120 – Виконати аналіз та розробити зміни до СОУ 42.1-37641918-122:2014 «Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення» та СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги»;

- державний реєстраційний номер 0118U000733 – Провести дослідження та розробити національний стандарт щодо проектування засобів заспокоєння руху на автомобільних дорогах загального користування і альбом типових схем організації дорожнього руху з їх застосуванням.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- обґрунтовано показник невідповідності, який дозволяє оцінити відповідність умов руху вимогам транспорту на підставі величини перепаду швидкостей на суміжних ділянках автомобільної дороги;

- удосконалено метод прогнозування виникнення аварійно-небезпечних ділянок;

- розроблено метод розрахунку просторової видимості на автомобільній дорозі;

- набули подальшого розвитку залежності швидкості руху від дорожніх умов, інтенсивності руху та складу транспортного потоку.

Практичне значення результатів досліджень: полягає в тому, що розроблені методика та програмний продукт дозволяють забезпечити потреби аудиту безпеки автомобільних доріг шляхом гнучкості алгоритму, швидкості виконання розрахунків з метою попередження виникнення аварійно-небезпечних ситуацій та, як наслідок, аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації ДТП.

Розроблені та впроваджені на національному рівні такі нормативні документи: ДСТУ 8749:2017 «Безпека дорожнього руху. Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт», ДСТУ 4123:2020 «Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги», а також на галузевому рівні в організаціях, які входять у сферу управління Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор): СОУ 45.2-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги»; СОУ 45.2-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування»;

СОУ 42.1-37641918-122:2014 «Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення»; МР В.2.3-37641918-891:2017 «Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків».

Також результати досліджень було впроваджено в Службах автомобільних доріг в областях під час аналізу аварійності та складання проєктів та схем організації дорожнього руху.

Результати розрахунків, виконаних програмно-аналітичним комплексом, розробленим в процесі виконання дисертаційної роботи, використані під час аудиту безпеки дорожнього руху на міжнародному транспортному коридорі GoHighway (на ділянці Львів – Умань) в жовтні 2019 року.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджені у навчальному процесі Національного транспортного університету, а саме при викладанні дисципліни «Експлуатація автомобільних доріг», та в дипломному проектуванні для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП «Автомобільні дороги,

вулиці та дороги населених пунктів».

Апробація основних теоретичних і практичних результатів дисертації на підприємствах та в організаціях підтверджується відповідними актами про впровадження.

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок здобувача. Теоретичні та експериментальні результати досліджень, які виносяться на захист, отримано автором самостійно. Внесок автора в опублікованих зі співавторами наукових працях: проведення натурних випробувань та здійснення аналізу факторів, які чинять вирішальний вплив на настання аварійно-небезпечної ситуації, у тому числі і за допомогою технології Великих даних [1, 3, 6]; актуалізація підходів для готування початкових даних для проведення розрахунків, результати яких застосовуються під час приймання проектних та керівних рішень [2]; актуалізація підходів до організації дорожнього руху та заспокоєння дорожнього руху в місцях виконання дорожніх робіт [8, 12]; систематизація підходів до запровадження аудиту безпеки автомобільних доріг [5]; розроблення принципів інтерпретації співвідношення обмежень швидкості, безпечної та 85 % забезпечення швидкостей руху [4].

Апробація результатів роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на:

- 16-й конференції молодих вчених Литви "Наука – майбутнє Литви. Транспорт", 8 травня 2013 року у Вільнюсі – доповідь на тему «An approach to detecting road sections with limited visibility using three-dimensional model of road»;
- Міжнародній науково-технічній конференції «Автомобільні дороги: безпека і надійність», 24-25 листопада 2016 року у Мінську – доповідь на тему «Досвід впровадження геоінформаційної системи автомобільних доріг в Україні»;
- Першому міжнародному Конгресі з питань реформування системи управління безпеки дорожнього руху, 22 червня 2017 року у Києві – доповідь на тему «Організація дорожнього руху в місцях виконання дорожніх робіт»;
- 26-му Світовому дорожньому конгресі, 6-10 жовтня 2020 року в Абу-Дабі – доповідь на тему «Use of the geographic information system of ukrainian roads

(GIS) to optimize road management in the lack of financial resource»;

- LXXVI науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 14 травня 2020 року у Києві, – доповідь на тему «Дослідження параметрів транспортних потоків з використанням даних WIM»;

- 18-му Міжнародному форумі з будівництва, експлуатації і проектування автомобільних доріг і мостів «Автодорекспо», 10 листопада 2020 року у Києві, – доповідь на тему «Системний підхід до заспокоєння дорожнього руху».

Публікації. За результатами досліджень автором опубліковано 8 робіт, з них 5 у наукових фахових виданнях, 2 статей у закордонному та 3 статей у наукових виданнях апробаційного характеру, а також 5 тез в матеріалах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 129 найменувань та шість додатків. Основний текст викладений на 124 сторінках. Текст ілюструється 94 рисунками і містить 34 таблиці.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ТА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг України та транспортних потоків на ній

На сьогоднішній день, є об’єктивною реальністю те, що автомобільні дороги є основними «артеріями» для руху товарів та людей, при цьому їх значення для економіки й суспільства постійно підвищується. Але зростання попиту на перевезення збільшує завантаженість автомобільних доріг загального користування, які достатньою мірою не пристосовані для інтенсивного руху великовантажних автомобілів.

У 1940 році загальна довжина автомобільних доріг на території УРСР становила 270,7 тис. км. В основному це були ґрунтові дороги. Лише 10,8 % доріг мали тверде покриття [6]. Як свідчить аналіз джерел [6] впродовж 1978 – 2013 років, при зростанні мережі автомобільних доріг державного значення на 25% (в двох смуговому еквіваленті), величина потенційного навантаження транспортними засобами зросла на 405 %, з них, впродовж 2006 – 2013 років, – майже вдвічі (рис. 1.1 та 1.2). Це, в свою чергу, суттєво знижує термін експлуатації доріг та призводить до зростання кількості загиблих та травмованих внаслідок ДТП, створюючи реальну загрозу суспільству.

Таким чином, в останні роки зміни на мережі доріг державного значення відбуваються за рахунок реконструкції існуючих доріг до параметрів II категорії. Впродовж 1998 – 2002 років довжина мережі доріг II категорії зрівнюється з довжиною мережі доріг III категорії, а починаючи з 2011 року – перевищує довжину доріг III категорії.

У той же час, впродовж 1976 – 2013 років були реконструйовані майже 60% раніше побудованих мостів. Зазвичай, реконструкція існуючого мосту (без його заміни на новий) зводиться до посилення несної здатності конструкцій та розширення габариту проїзної частини (рис. 1.3).

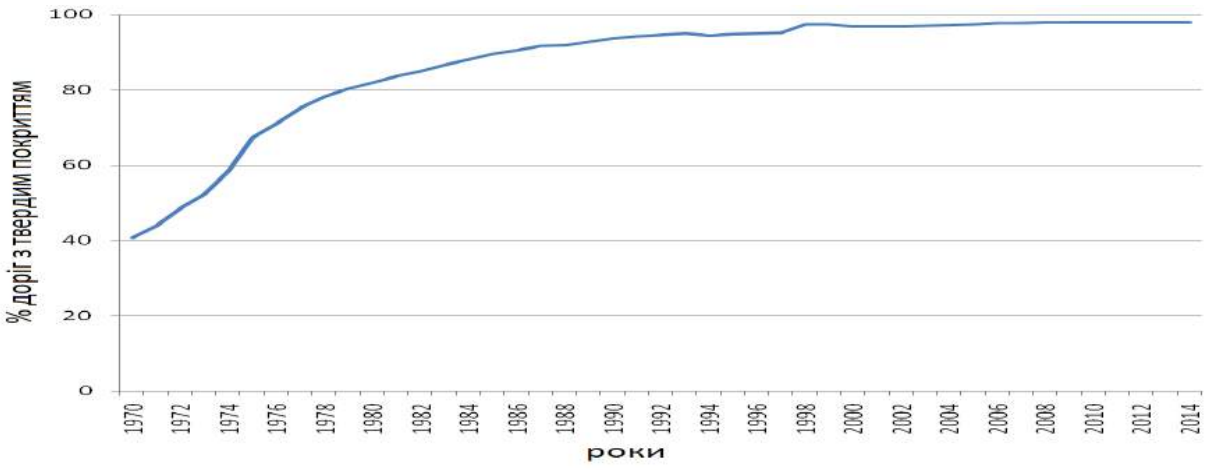


Рисунок 1.1 – Графік приросту автомобільних доріг з твердим покриттям на території України

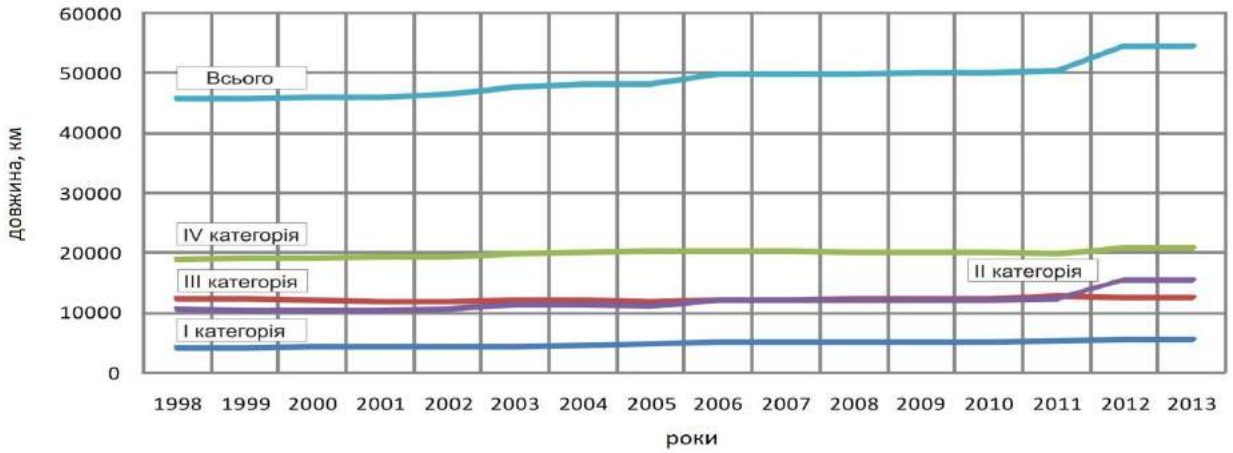


Рисунок 1.2 – Зміна мережі автомобільних доріг державного значення за категоріями

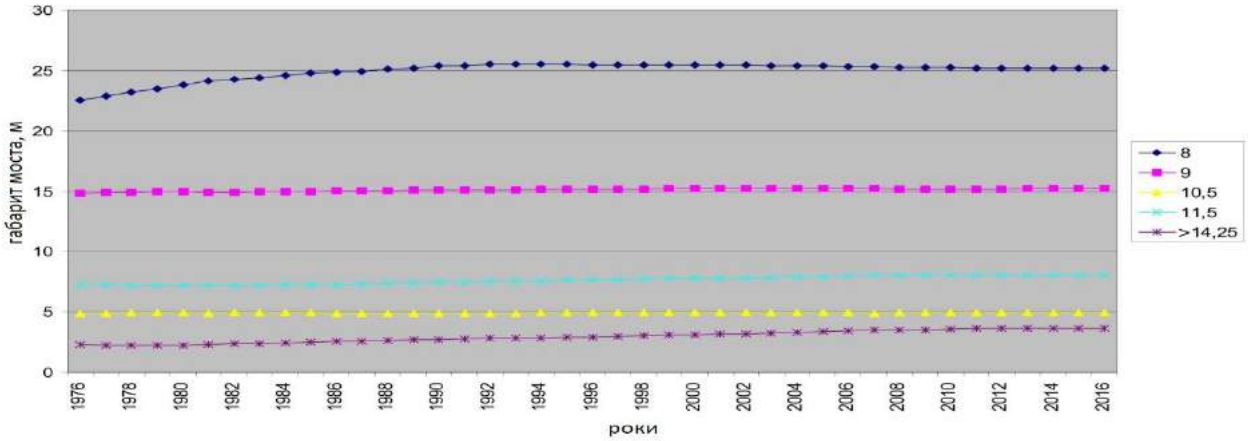


Рисунок 1.3 – Розподіл габаритів мостових споруд на мережі доріг державного значення

Станом на 2014 рік, мережа автомобільних доріг загального користування складала 169,5 тис. км доріг, з них з твердим покриттям – 165,8 тис. км (без урахування комунальних, відомчих, внутрішньо господарських), з яких 20,1 тис. км – це дороги державного значення [6]. На мережі автомобільних доріг загального користування нараховується понад 16 тисяч мостів загальною довжиною понад 364 кілометри. Територією України пролягає сім автомобільних транспортних коридорів (міжнародні № 3, 5, 9 та національні Балтійське море – Чорне море, Європа – Азія, ЧЕС і Євроазіатський). Довжина доріг за напрямками транспортних коридорів становить 5240 кілометрів.

Аналіз норм та технічних документів [17, 18, 61, 80, 81] показує, що кардинальні зміни нормативних вимог до основних геометричних параметрів автомобільних доріг відбулися в 1962 році, а норм навантаження – в 2007 році (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні геометричні параметри та вимоги, закладені в наявну мережу доріг

<table>
<tr><th>Параметр</th><th>Категорії доріг</th><th>з 1955 року [61]</th><th>з 1962 року [80]</th><th>з 1972 року [81]</th><th>з 2015 року [18]</th></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Розрахункова швидкість руху, км/год</td><td>I</td><td>120</td><td>150</td><td>150</td><td>130; 110</td></tr>
<tr><td>II</td><td>100</td><td>120</td><td>120</td><td>90</td></tr>
<tr><td>III</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>90</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>90</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Нормативне навантаження на вісь, кН</td><td>I</td><td>н/д</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="4">115</td></tr>
<tr><td>II</td><td>н/д</td></tr>
<tr><td>III</td><td>н/д</td><td rowspan="2">60</td><td rowspan="2">60</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>н/д</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Ширина смуги руху, м</td><td>I</td><td>3,5</td><td>3,75</td><td>3,75</td><td>3,75</td></tr>
<tr><td>II</td><td>3,5</td><td>3,75</td><td>3,75</td><td>3,75</td></tr>
<tr><td>III</td><td>3,5</td><td>3,5</td><td>3,5</td><td>3,5</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>3,0</td><td>3,0</td><td>3,0</td><td>3,0</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Мінімальний радіус горизонтальної кривої, м</td><td>I</td><td>600</td><td>1000</td><td>1000</td><td>1200-1100</td></tr>
<tr><td>II</td><td>400</td><td>600</td><td>600</td><td>800</td></tr>
<tr><td>III</td><td>250</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>125</td><td>400</td><td>400</td><td>450</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Максимальний повздовжній похил, проміле</td><td>I</td><td>40</td><td>30</td><td>30</td><td>30-35</td></tr>
<tr><td>II</td><td>50</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td></tr>
<tr><td>III</td><td>60</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>70</td><td>60</td><td>60</td><td>55</td></tr>
</table>

Кінець таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
Мінімальний радіус опуклої вертикальної кривої, м	I	10000	25000	25000	30000-25000
	II	6000	15000	15000	15000
	III	4000	10000	10000	10000
	IV	2000	5000	5000	7500
Мінімальний радіус увігнутої вертикальної кривої, м	I	2000	8000	8000	8000-7000
	II	1500	5000	5000	5000
	III	1000	1500	1500	3000
	IV	500	1000	1000	2500
Найменша відстань видимості зустрічного автомобіля, м	I	300	-	-	-
	II	250	350	350	450
	III	200	280	280	350
	IV	150	200	200	300

Співставляючи отримані дані зі статистикою розвитку мережі доріг (рис. 1.3), можна зробити висновок, що 40% загальної мережі доріг та мостових споруд (або 70% доріг державного значення) побудованих до 70-х років, мали бути реконструйовані зі зміною основних геометричних параметрів.

Реальна практика реконструкції доріг, зі збереженням початкової категорії або зміни її на більш високі – III та II категорії, обмежувалась розширенням проїзної частини та габаритів мостових споруд, підсиленням дорожнього одягу. При цьому параметри траси – в плані та повздовжньому профілі – залишалися незмінними. Особливо це стосувалося ділянок доріг, що проходили через населені пункти та доріг з цементобетонним покриттям (як незручних для реконструкції).

Також не було вирішене питання організації об’їздів населених пунктів. Дотепер значна кількість міжнародних та переважна більшість національних та регіональних доріг проходять в межах населених пунктів.

В якості прикладу можна навести автомобільну дорогу М-13 Кіровоград – Платонове [49] (вона будувалась як стратегічна дорога Полтава – Кишинів – Ляушени), проектна документація на яку була затверджена в 1959 році (Наказ Мінтрансу СРСР №581-II від 30 жовтня 1959 року), а будівництво розпочалось в 1964 році. Таким чином, вже в 1973 році за такими елементами як поздовжній та поперечний профілі, типи примикань та конструкції земляного полотна автомобільна дорога М-13 перестала відповідати всім вимогам II технічної

категорії, а за такими показниками, як поздовжній профіль на окремих ділянках не відповідає і III категорії. Так, максимальний поздовжній похил на окремих ділянках сягає 60 ‰ замість 50 ‰, випуклі криві мають радіус від 1000 до 8000 м замість 10000 м, увігнуті криві – від 1000 до 2500 м замість 3000 м. Габарит найбільшого мосту через р. Південний Буг і досі становить 7,0 м.

Варто зауважити, що дослідження [77] передбачають подальше збереження частки доріг I категорії від загальної довжини на рівні близькому до 2%.

Одночасно зі зростанням кількості транспортних засобів, на початку XXI століття виникли якісні зміни динамічних можливостей транспортних засобів: на заміну автомобілям випуску радянської автомобільної промисловості, приходять сучасні автомобілі світових брендів зі значно потужнішими двигунами та високими динамічними характеристиками.

Склад та структура парку транспортних засобів України в період з 1990 до 2012 років з урахуванням табл. 3.1 [2] та даних АІС «НБД «Автомобіль» свідчать, що починаючи з 2011 року починається стрімке зростання кількості зареєстрованих транспортних засобів усіх видів (рис. 1.4), а кількість легкових автомобілів, як і раніше, превалює над іншими видами транспортних засобів [39].

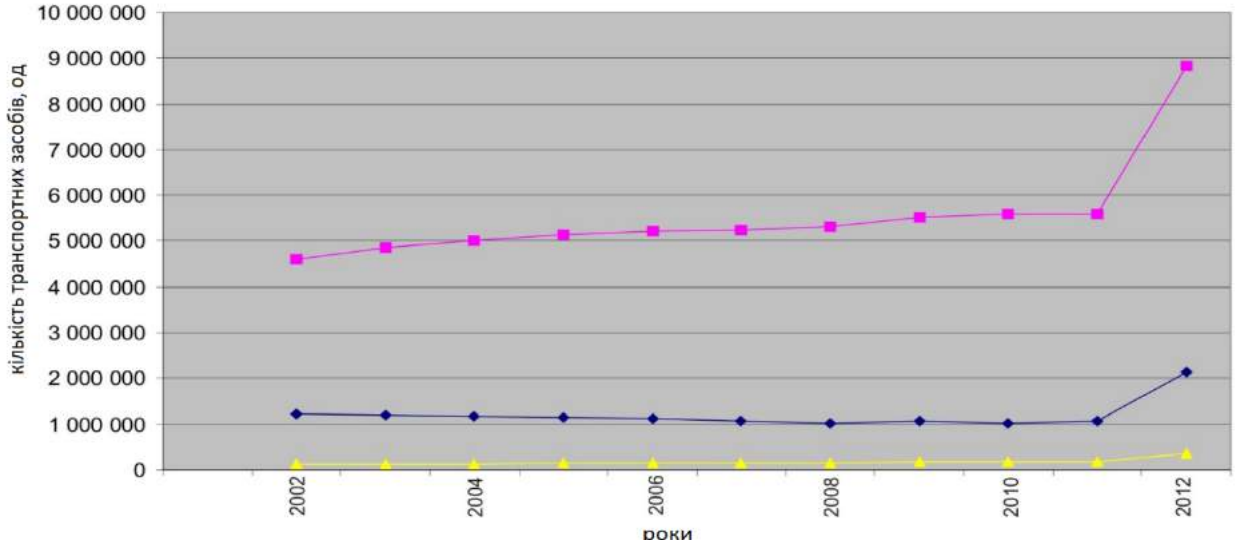


Рисунок 1.4 – Динаміка змін складу автомобільного транспорту України [39]

Порівняння динаміки змін мережі доріг України (рис. 1.1 та 1.2) та кількості транспортних засобів (рис. 1.4), дає змогу оцінити «щільність транспортного

потоку», тобто кількість транспортних засобів на 1 км мережі доріг (рис. 1.5).

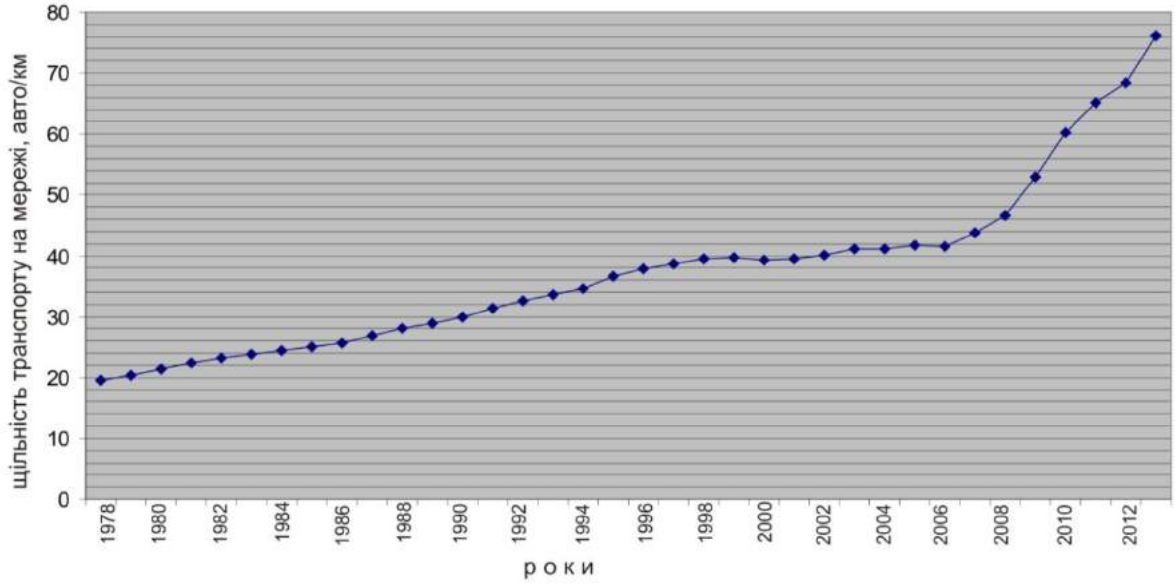


Рисунок 1.5 – Динаміка завантаження мережі доріг України транспортними засобами [39]

Дана величина є лише аналогом звичного параметра, відомого ще з теорії транспортних потоків [28] і може бути використана для якісного, а не кількісного відображення подій.

Так, характеристикою ускладнення умов роботи водія може бути час та відстань, необхідних на виконання маневру обгону. Якщо у 80-х роках легковий автомобіль витрачав 5,64 с на обгін окремого вантажного автомобіля, то зараз витрачає 8,46 с, а на обгін декількох автомобілів – 14,58 с. При цьому, довжина ділянки обгону становить, відповідно, 141 м, 282 м та 486 м [69].

Умовою безпечного маневру «обгін» є:

$$T_{\text{обгону}} < T_{\text{інтервалу}}\ , \tag{1.1}$$

де $T_{\text{обгону}}$ – час, потрібний для виконання обгону, хв;

$T_{\text{інтервалу}}$ – часовий інтервал між транспортними засобами, які рухаються в зустрічних напрямках, хв.

$$T_{\text{обгону}} = \frac{(1+n)\cdot D}{V_2 - V_1}\ , \tag{1.2}$$

де n – кількість зайнятих динамічних габаритів;

D – довжина динамічного габариту, м;

V_1 – швидкість сукупності автомобілів, які обганяють, м/хв;

V_2 – швидкість транспортного засобу, який здійснює обгін, м/хв.

$$T_{\text{інтервалу}} = \frac{m \cdot D}{2V_1}, \tag{1.3}$$

де m – кількість «порожніх» динамічних габаритів.

$$\frac{(1+n)\cdot D}{V_2 - V_1} < \frac{m \cdot D}{2V_1}; m > \frac{2V_1 \cdot (1+n)}{V_2 - V_1}. \tag{1.4}$$

З формули (1.4) випливає, що з підвищенням середніх швидкостей руху транспортних потоків для безпечного здійснення маневру «обгін» необхідна більша кількість «порожніх динамічних габаритів» у зустрічному транспортному потоці.

Чим більшими є час та довжина ділянки обгону, тим вищою є ймовірність появи зустрічного транспортного засобу, а відповідно і ймовірність виникнення аварійної ситуації.

Згідно теорії транспортних потоків [28] та [90] існує класична залежність:

$$\lambda = \frac{N}{V}, \tag{1.5}$$

де λ – щільність транспортного потоку, авто/км;

N – інтенсивність руху транспортного потоку, авто/км (або авто/м);

V – швидкість руху транспортного потоку км/год (або м/с).

У випадку (рис. 1.11) щільність транспортного потоку може розглядатися, як кількість «зайнятих динамічних габаритів» на 1 км дороги.

Ймовірність появи «зайнятого динамічного габариту»:

$$\text{A(P)} = \frac{\lambda}{\text{уся можлива кількість динамічних габаритів}} \tag{1.6}$$

Відповідно до розрахунку (Додаток А), різкі зміни (підвищення) динамічних характеристик транспортних засобів, за умови практично незмінних геометричних характеристик автомобільних доріг, повинні були спричинити підвищення аварійності на дорогах. Такі явища повинні бути достатньо тимчасові, а вплив факторів, які їх спричиняють, повинен поступово зменшуватись з

набуттям водіями досвіду керування новими транспортними засобами.

Вірність наведеної гіпотези підтверджується статистикою аварійності на автомобільних дорогах України (рис. 1.6).

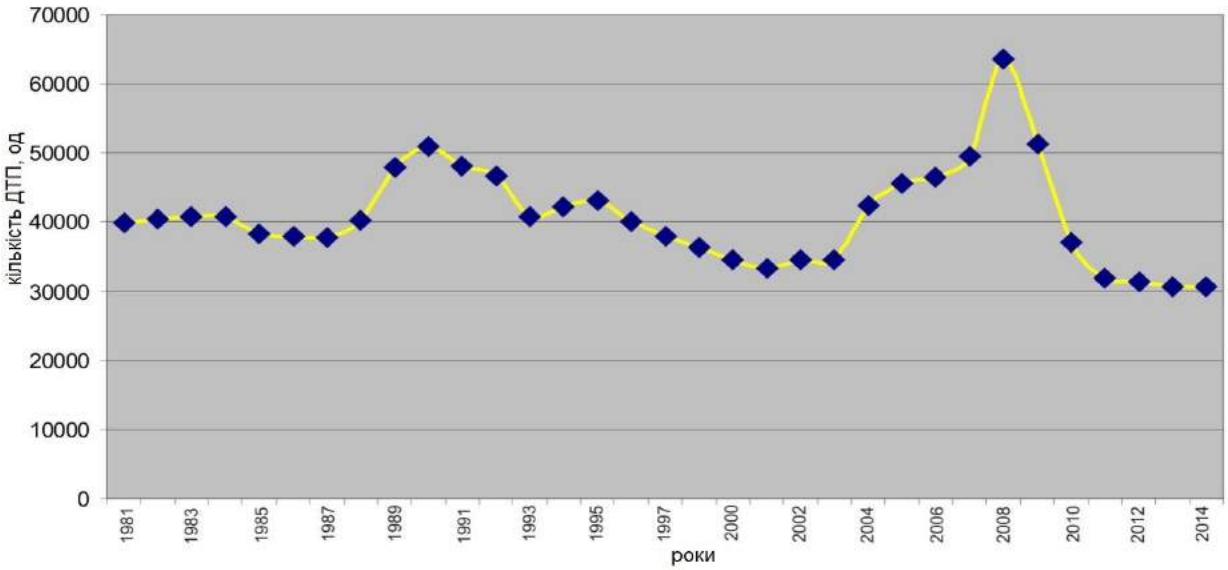


Рисунок 1.6 – Динаміка аварійності на автомобільних дорогах України

Аналіз причин виникнення ДТП (табл. 1.2, рис. 1.7 - 1.8) показав, що більшість ДТП (близько 75 %) виникає внаслідок перевищення водієм безпечної швидкості руху або виконання маневрів, пов’язаних з нею.

Таблиця 1.2 – Динаміка кількості ДТП в розрізі причин, які їх спричинили [39, 58]

Причини виникнення ДТП	Роки								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01 Керування транспортним засобом у нетверезому стані	1305	1330	883	648	1022	1106	1245	1268	1058
02 Перевищення встановленої швидкості	1613	1463	726	633	250	216	192	150	83
03 Перевищення безпечної швидкості	12381	15556	12574	11060	9707	10571	10237	7863	5220
04 Невиконання вимог сигналів регулювання	58	56	36	29	29	34	32	34	23
05 Порушення правил перевезення пасажирів	173	60	45	23	21	14	6	13	6
06 Порушення правил маневрування	4978	6752	6079	5207	4867	5237	5362	3700	2344

Кінець таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
07 Порушення правил проїзду пішохідних переходів	102	142	108	120	133	124	137	94	61
08 Порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту	17	10	10	9	4	1	5	0	0
09 Порушення правил користування освітлювальними приладами	109	99	56	68	50	49	55	23	24
10 Порушення правил надання безперешкодного проїзду	503	495	464	462	412	410	350	258	197
11 Порушення правил зупинки і стоянки транспортного засобу	97	108	82	83	57	72	75	62	45
12 Порушення правил проїзду залізничних переїздів	61	46	38	36	40	29	26	27	11
13 Порушення правил перевезення вантажів	139	151	117	83	112	132	128	94	56
14 Порушення правил буксирування	44	52	28	24	24	20	20	17	14
15 Порушення правил обгону	1349	1727	1019	858	880	910	721	559	382
16 Виїзд на смугу зустрічного руху	2347	2643	2235	2211	1884	2079	1971	1480	949
17 Порушення правил проїзду перехресть	1451	1978	1444	1387	1491	1515	1332	981	728
18 Управління несправним транспортним засобом	410	496	361	320	350	380	452	283	193
19 Недодержання дистанції	3411	5260	4256	4505	4287	4769	4670	3160	2295
20 Перевтома, сон за кермом	434	491	395	458	460	592	511	280	182
21 Порушення правил проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів	39	29	17	14	11	7	12	6	6
22 Перехід у невстановленому місці	784	798	629	437	433	439	465	295	225
23 Невиконання вимог сигналів регулювання	15	11	12	2	6	5	12	13	6
24 Неочікуваний вихід на проїзну частину	917	832	795	631	538	601	495	345	241
25 Пішохід у нетверезому стані	289	236	193	144	261	254	244	180	65
Причину не виявлено	1569	4042	2071	2149	2518	1864	2021	1623	3927
ВСЬОГО	**34595**	**44863**	**34673**	**31601**	**29847**	**31430**	**30776**	**22808**	**18341**

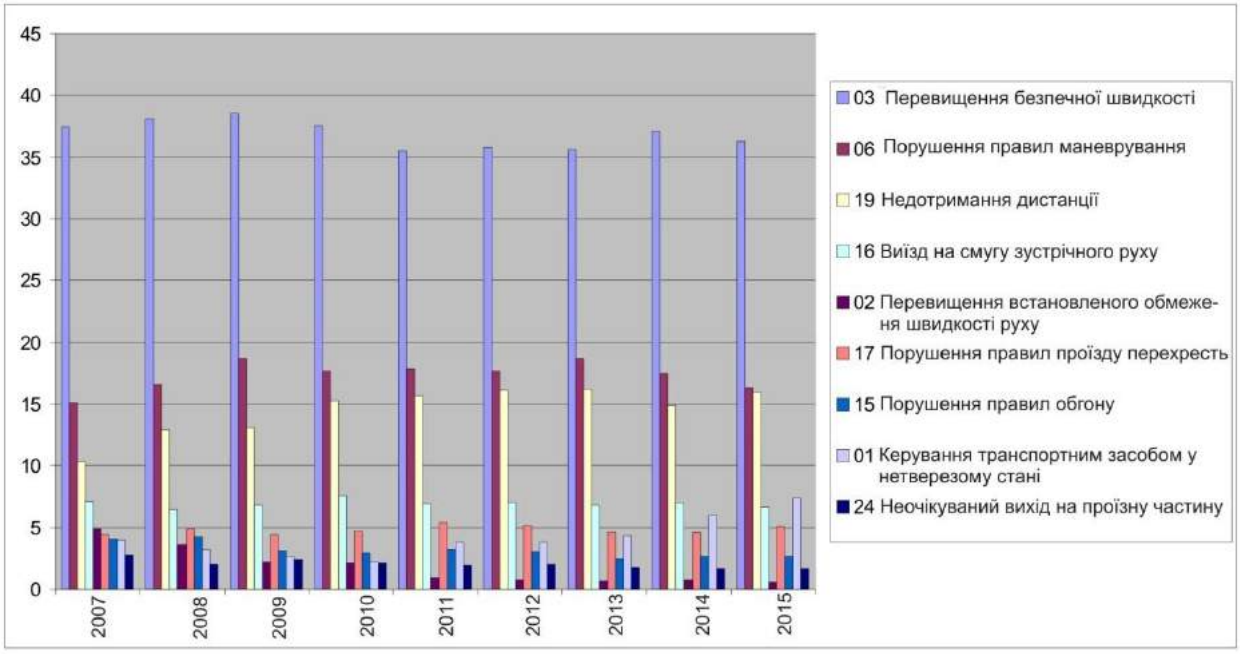


Рисунок 1.7 – Причини виникнення 90% ДТП [39]

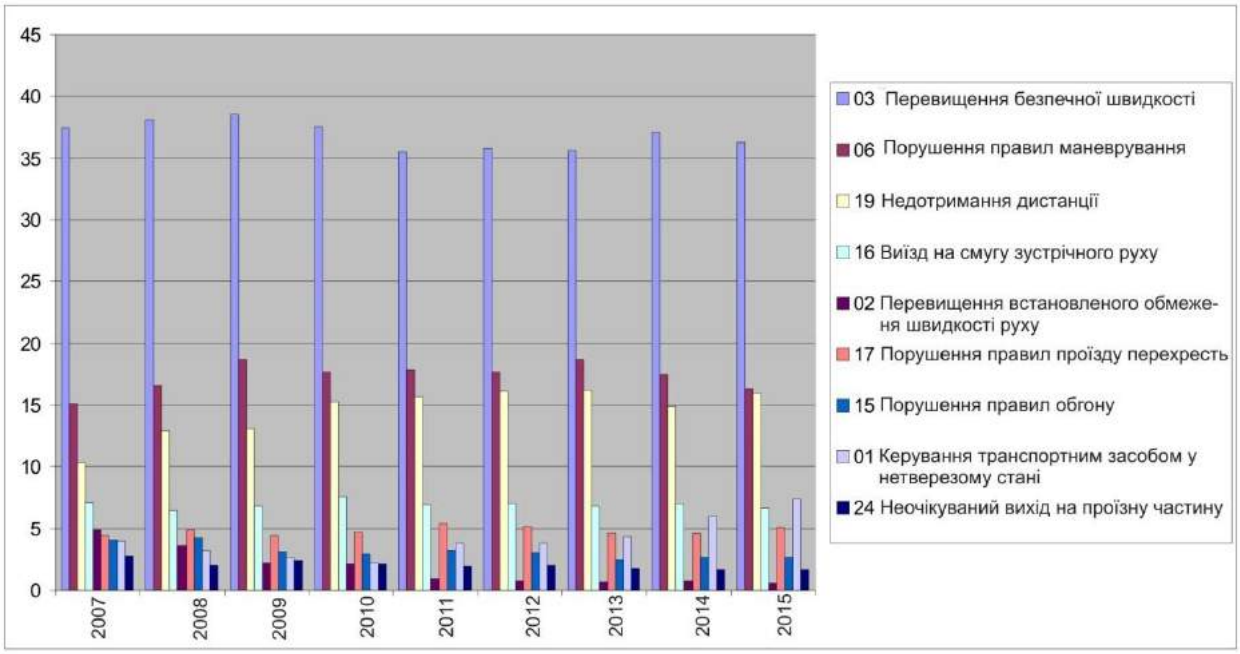


Рисунок 1.8 – Причини виникнення 75% ДТП [39]

Якщо порівняти дані (рис. 1.9) про кількість ДТП, наприклад, в Україні та в країнах ЄС (рис. 1.10), то можна побачити, що впродовж останніх років кількість ДТП не тільки припинила зниження, а в окремі роки навіть мала тенденцію до зростання.

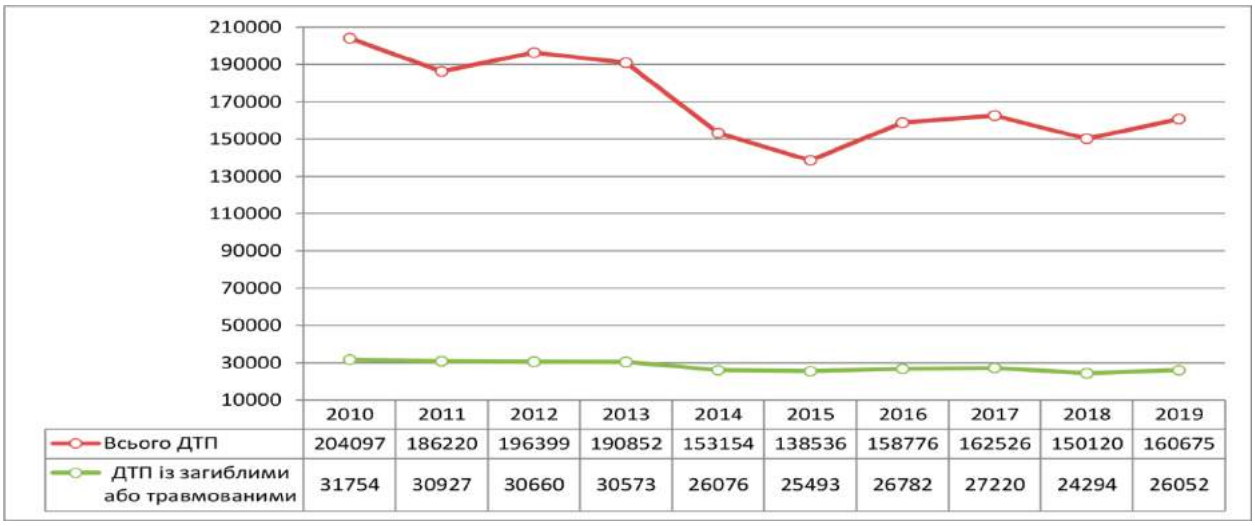


Рисунок 1.9 – Динаміка дорожньо-транспортних пригод в Україні [58]

Рисунок 1.10 – Динаміка дорожньо-транспортних пригод в ЄС [96]

Факт настання подібної «стабілізації» може свідчити про потребу в якісних перетвореннях та змінах, покликаних підвищити безпеку дорожнього руху. Таким чином, актуальним завданням сьогодення є удосконалення методів прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг.

Крім цього, певного оновлення потребують методи аналізу аварійності на автомобільних дорогах та вулицях, що дадуть змогу комплексно врахувати вплив дорожніх умов, психофізіологію водіїв та технічний стан автомобіля на безпеку дорожнього руху.

Тому актуальним є дослідження, спрямовані на вивчення масивів інформації про автомобільні дороги та транспортні потоки, відслідковування трендів, оцінювання ризиків, формування прогнозів. А також отримання нових знань про дорожньо-транспортні пригоди, які будуть використані для підвищення безпеки дорожнього руху.

В даному дослідженні використовується наступне визначення аварійно-небезпечної ситуації – це дорожня ситуація [29], за якої один або декілька учасників дорожнього руху були змушені різко змінити швидкість, напрямок руху або вжити інших заходів щодо забезпечення особистої безпеки або безпеки інших учасників дорожнього руху.

1.2 Аналіз методів визначення показників безпеки дорожнього руху

Постійна урбанізація, стрімке збільшення кількості транспортних засобів, погіршення стану доріг, збільшення числа загиблих та травмованих внаслідок ДТП – є реальною загрозою суспільству в наш час.

Аварійність дорожнього руху є одним з негативних явищ на транспорті, що, особливо останнім часом, виявляє тенденцію до зростання. З боку дороги досліджуються, головним чином, місця дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та відношення технічних факторів до них.

На сьогоднішній час існує ряд методів виявлення та аналізу аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг. Основні з них наведені на рис. 1.11.

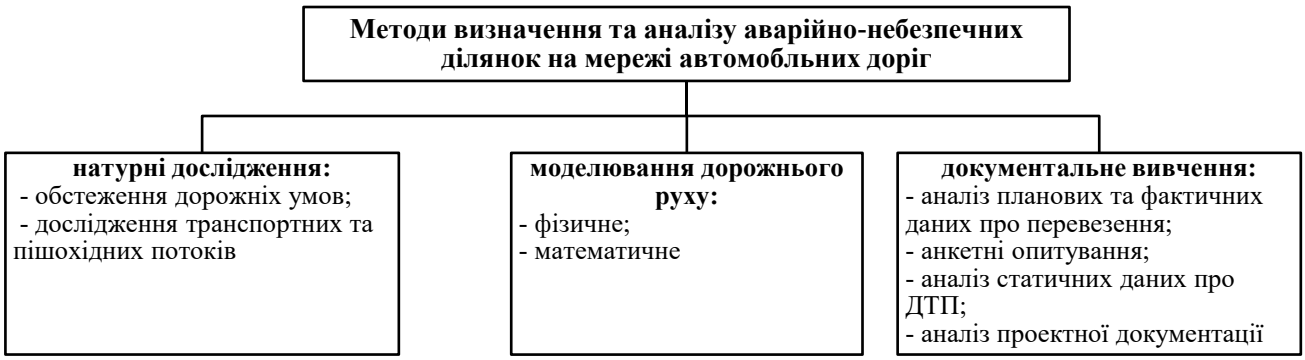


Рисунок 1.11 – Методи виявлення та аналізу аварійно-небезпечних ділянок

За основу аналізу методів визначення показників безпеки дорожнього руху візьмемо результати дослідження [1]. Відповідно до них, всі сучасні методи можна умовно розділити на 5 груп (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Порівняння методів визначення показників безпеки дорожнього руху

Метод	Опис моделі	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
1. Статистичні методи			
Коефіцієнт відносної аварійності [4]	$Y_1 = \frac{10^6 z}{365NL}$ *або* $Y_2 = \frac{10^6 z}{365N}$	− дає можливість визначити співставні дані під час аналізу з урахуванням інтенсивності руху та/або довжини ділянки дороги	− потребує статистичних даних про ДТП за період від 1 до 5 років; − не дозволяє встановити зв'язок з конкретними умовами руху, що ускладнює розроблення заходів, спрямованих на усунення місць концентрації ДТП.
Узагальнений показник тяжкості пригод (Рейнгольд, 1938) [4, 22, 101, 123]	$U = p_1 n_1 + p_2 n_2 + p_3 n_3 + p_4 n_4$	− дає можливість визначити найнебезпечніші місця або ділянки шляхом врахування тяжкості окремих ДТП	− не враховує інтенсивності руху та складу транспортного потоку; − розрахований на окрему коротку ділянку дороги.
2. Методи визначення режимів та умов руху			
Коефіцієнт безпеки [4]	$K_б = \frac{V}{V_x}$	− оцінює режим руху окремих автомобілів, що характерно для умов руху на дорогах з малою інтенсивністю або в міжпікові години руху на більш завантажених дорогах; − дає можливість визначити фізичну межу перепаду швидкостей руху	− не дає можливість оцінити ступінь небезпеки перепадів швидкостей руху, адже 40/20=2 та 120/60=2.
Метод енергетичних характеристик транспортного потоку [32]	$\begin{cases} K^n_{1_i} = q_m \cdot (V_{sr_i})^3, \\ K^n_{2_i} = \lvert 3 \cdot q_m \cdot V_{sr_i} \cdot j_i \rvert, \\ K^n_{3_i} = \lvert 3 \cdot q_m \cdot (V_{sr_i})^2 \cdot j_i \rvert \end{cases}$	− враховує режими руху транспортних потоків	− визначення потенційної тяжкості ДТП за величиною кінетичної енергії транспортного засобу (Дж) або потужністю руху транспортного потоку (Дж/с) не дозволяє точно встановити причини скоєння ДТП
3. Методи оцінювання конфліктних точок			
Метод конфліктних точок (Раппопорт, 1955) [101, 111, 123]	5-бальна система оцінювання конфліктних точок $m = n_0 + 3n_c + 5n_n$	− базується на визначенні точок відхилення, злиття та перетину; аналіз точок дозволяє порівнювати між собою різні варіанти схем ОДР	- спрощене оцінюван-ня конфліктних точок дає змогу лише приблизно оцінити складність того чи іншого транспортного вузла; − враховується лише траєкторія, за якою відбувається маневр, а небезпека конфліктної точки залежить від багатьох факторів, таких як інтенсивність конфліктуючих потоків, умови
	10-бальна система оцінювання конфліктних точок	− дає змогу детально аналізувати конфліктні точки на вулично-дорожній мережі, в тому числі враховувати кут зіткнення при можливому конфлікті	

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
Метод оцінювання чисельного показника конфліктності [56]	$K_a = \frac{G \cdot 10^7 K_r}{(M+N)25}$; $G = \sum_{i=1}^{n} g_i$; $g_i = K_i M_i N_i \frac{25}{K_r} 10^{-7}$.	− враховує небезпеку конфліктної точки, яка залежить від інтенсивності потоків, що конфліктують, умов видимості для водіїв, стану покриття проїзної частини та траєкторії маневрування	− не розроблена кількісна оцінка конфліктних точок перетину транспортних і пішохідних потоків; − безліч чинників, що впливають на безпеку руху в умовних конфліктних точках, не дозволяє зробити висновки про характер небезпеки на конкретному об'єкті вулично-дорожньої мережі; − не дозволяє обґрунтовано пропонувати заходи щодо удосконалення організації дорожнього руху
Метод оцінювання чисельного показника конфліктності [116]	$G_n = \sum_{i=1}^{n} K_o \cdot G_i$; $G_i = (K_o \cdot M_{\min}) / 10^4$	− враховує лише мінімальну інтенсивність потоків, що конфліктують та коефіцієнт небезпеки здійснення окремого маневру	
Метод конфліктних ситуацій (метод «Дженерал Моторз», 1967) [101, 110, 123]	$K_{кс} = 0,44 \cdot K_1 + 0,83 \cdot K_2 + K_3$	− застосовується при розробці проектів реконструкції складних ділянок доріг$ − враховує зміну швидкості або траєкторії руху автомобіля, поздовжні і поперечні прискорення	− потребує даних про режими руху транспортних засобів, які можуть бути отримані за допомогою автомобілів-лабораторій; − ведеться облік тільки кількості теоретично можливих контактів незалежно від фактичної інтенсивності транспортних потоків і їх розподілу на проїзній частині (за типом маневрів);
Метод конфліктних ситуацій (метод «Дженерал Моторз», 1967) [101, 110, 123]			− не враховуються контакти і конфлікти між транспортним та пішохідним потоками, тип і стан покриття проїзної частини, наявність конфліктів в попутному напрямку руху транспортних засобів при злитті напрямків руху
Метод конфліктних зон [43, 89]		− враховує близько 100 факторів; − дозволяє прогнозувати як кількість ДТП, так і тяжкість наслідків	− застосовний переважно для транспортних вузлів та пішохідних переходів.
4. Методи оцінювання поведінки учасників дорожнього руху			
Аналіз відхилень від нормальної поведінки учасників дорожнього руху [48]	Полягає в аналізі складної психологічної взаємодії водія та умов руху	− аналіз поведінки учасників дорожнього руху за 40 критеріями; − враховує всі можливі відхилення від «еталонної» поведінки	− поведінка учасників дорожнього руху розглядається як системна характеристика безпеки дорожнього руху; − виставлення бальної оцінки обов'язково здійснюється окремим обліковцем; − параметри поведінки водіїв не можуть розглядатися в якості критерію прогнозу безпеки.

Кінець таблиці 1.3

1	2	3	4
Метод перевірки водіїв [11]	$F = \frac{f - f_0}{f} \cdot 100$ та $E = 0{,}0075 \cdot (C - C_0) \cdot S$		− складність добирання водіїв з урахуванням всіх особливостей фізичного і морального стану, темпераменту людини, вікових та статевих ознак; − значні труднощі в організації дослідних заїздів із заданою швидкістю 80 км/год в міських умовах
5. Методи оцінювання комплексної безпеки дорожнього руху			
Коефіцієнт аварійності [4]	$K^{ав}_{ит} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \ldots \cdot K_{18}$	− дає можливість практично безкінечно нарощувати фактори, що впливають на безпеку руху	− окремі складові коефіцієнта аварійності є емпіричними і можуть варіюватися в широких межах навіть для доріг однакових категорій, − потребують частого оновлення
Кваліметричний метод [75]	$K_{БД} = K_{Т} + K_{ЭР} + K_{Э}$	− враховує велику кількість факторів, що впливають на безпеку руху та розділені на три групи: технічні, ергономічні і економічні.	− виокремлення пасивних та активних факторів, що впливають на безпеку руху, проведено методом експертних оцінок; − отримані питомі характеристики різних факторів не відображають особливості руху транспортних потоків в умовах міста і на дорогах поза населеними пунктами; − опитування 11-ти експертів було ще в 70-х роках XX століття.
Комплексний підхід [66] та [67]	$F = D - S \rightarrow \min$	− рівні безпеки дорожнього руху визначаються з урахуванням мікро та макроекономічних показників регіона	− аналіз аварійності здійснюється, за показниками першої групи; − придатний для загального системного аналізу дорожнього руху в регіоні
Зірковий рейтинг iRAP [42]	Рейтинг базується на оцінюванні впливу дорожніх умов та умов руху на всіх його учасників: водіїв, пасажирів, пішоходів, велосипедистів та мотоциклістів	− враховує велику кількість факторів, що впливають на безпеку руху; − використовується у 54 країнах світу	− базується на аналізі 100-метрових секцій доріг; − виокремлення факторів, що впливають на безпеку руху, та присвоєння їм рейтингів проведено методом експертних оцінок; − потребує значних витрат на підготовку початкових даних

В Україні [31] та переважній кількості європейських країн [100] аналіз аварійності здійснюється з використанням статистичних методів та зводиться до

порівняльного аналізу з використанням показника аварійності на автомобільному транспорті, який характеризується кількістю ДТП, в яких загинули або постраждали люди за певний період часу (табл. 1.4). При цьому тяжкість ДТП визначається кількістю загиблих на 100 постраждалих, для чого застосовуються відносні показники, а саме кількість смертей на дорогах на 100 тис. громадян (соціальний ризик) або на 10 тис. транспортних засобів (транспортний ризик).

Таблиця 1.4 – Критерії визначення небезпечних ділянок доріг, які використовуються в різних країнах

Країна	Назва ділянки	Довжина ділянки, км	Кількість ДТП	Період обліку ДТП, років
Великобританія	небезпечна ділянка	0,16	1 та більше	3
	чорна ділянка	0,3	12 та більше	3
Німеччина	небезпечна ділянка	0,3	5 та більше одного виду	1
		0,3 – 1,0	3 та більше щорічно	3
Болгарія	місце концентрації ДТП	0,1 – 0,2	2 та більше	1
	ділянка концентрації ДТП	0,2	1 та більше на кожні 100 м	1
Чехія та Словаччина	небезпечне місце	0,1	5 та більше всіх видів	1
Бельгія	небезпечна ділянка	1,0	10 та більше всіх видів	1
Франція	чорна пляма	1,0	10 та більше з загиблими та/або травмованими	5
Сербія	небезпечна ділянка	1,0	5 та більше з загиблими та/або травмованими	1
Норвегія	ділянка з високим ризиком ДТП	0,1	4 та більше з загиблими та/або травмованими	4
	небезпечний перегін дороги	1,0 та менше	10 та більше з загиблими та/або травмованими	4
Іспанія	небезпечна ділянка	1,0	3 та більше	1
Нідерланди	небезпечне пересічення в одному рівні	1,0 та менше	10 та більше різного виду чи 5 із загальними характеристиками	3-5
Данія	небезпечне пересічення в одному рівні	1,0 та менше	4 та більше	5
Україна	ділянки концентрації ДТП, місця концентрації ДТП	1,0	4 та більше за 3 роки чи 3 ДТП за останній рік	3

Крім того, переважно на пострадянському просторі, використовується метод оцінки впливу дорожніх умов на безпеку дорожнього руху, який ґрунтується на методиці коефіцієнтів аварійності [92]. Ступінь небезпеки тієї чи іншої ділянки

дороги характеризується підсумковим коефіцієнтом аварійності, який дорівнює добуткові окремих коефіцієнтів, що враховують вплив окремих елементів дороги або характеристик дорожнього руху. До таких елементів та характеристик, зазвичай, відносять: інтенсивність руху, кількість смуг руху, ширину проїжджої частини, ширину узбіччя, поздовжні похили, радіуси кривих в плані, видимість дороги в плані та в поздовжньому профілі, ширину проїжджої частини мостів відносно ширини проїжджої частини дороги, довжини прямих ділянок, типи пересічень або примикань в одному рівні та видимість транспортних засобів на них, відстань від забудови до проїжджої частини, рівність проїжджої частини та коефіцієнт зчеплення тощо. Результати визначення коефіцієнтів аварійності оформляють у вигляді лінійних графіків.

Слід зауважити, що значна частина проаналізованих досліджень розглядає питання безпеки дорожнього руху досить однобоко – з точки зору досягнення максимальної ефективності роботи транспортних потоків: в найкоротший час, за найкоротшим маршрутом та з максимально можливою швидкістю.

І якщо на ділянках доріг поза межами населених пунктів підхід щодо максимального розділення потоків (транспорт, велосипедисти, пішоходи та тварини) шляхом будівництва транспортних розв’язок у різних рівнях, надземних або підземних пішохідних переходів, біопереходів є виправданим, то в населених пунктах це призводить до загального зниження рівня доступності до міської інфраструктури, особливо для осіб з обмеженою мобільністю [118].

Таким чином, країни Західної Європи, США та інші в останні роки почали вживати заходів до зменшення кількості приватних транспортних засобів, введення обмежень на рух або в’їзд тощо. З іншого боку, такий підхід теж не позбавлений недоліків і в кінцевому результаті може не забезпечити очікуваного результату, з огляду на особливості людської поведінки [103].

Одним з найбільш проблемних місць є те, що більшість чинних підходів є реактивними, тобто їх застосування зумовлюється зростанням аварійності та тяжкості наслідків ДТП на тій чи іншій ділянці дороги або вулиці. Крім того, навіть проактивний (запобіжний) підхід переважно зводиться до аналізу

застосованих проектних рішень з метою віддання переваги тим, досвід застосування яких свідчить про позитивний вплив на безпеку дорожнього руху.

iRAP діє на 6 континентах з метою оцінювання в балах безпеки автомобільних доріг та пропонування заходів для її підвищення. Спочатку технологія була розроблена і застосована в Європі, а з 2001 року в EuroRAP беруть участь вже понад 20 країн світу. Споріднені програми розвиваються в Австралії та США, а також в країнах з низьким і середнім рівнем доходів. Пілотні проєкти були виконані в Чилі, Коста-Ріці, Малайзії та Південній Африці, при цьому програму iRAP планується впровадити ще в 20 країнах впродовж наступних п'яти років.

У центрі iRAP знаходяться три протоколи, які розкривають взаємозв'язок між швидкістю, енергією, ризиком і травматизмом. Ці протоколи включають:

- аналіз та нанесення на карту всіх ДТП із загиблими та постраждалими, які сталися на головних дорогах (топографічний аналіз ДТП);
- відстеження зміни в часі транспортно-експлуатаційних характеристик дороги на цих ділянках доріг, моніторинг кількості ДТП на них;
- інспектування ділянок з метою визначення рівня безпеки дорожньої інфраструктури в різних країнах для виявлення місць з підвищеною ймовірністю виникнення ДТП, а також того, наскільки дороги здатні «захистити» дорожніх користувачів від ДТП (запобігання), загибелі або травмування, якщо ДТП все-таки відбулося (мінімізація наслідків). За результатами такого інспектування дорозі присуджується RPS в балах.

На карту рівня ризиків наносяться рівні аварійності, розраховані на основі кількості загиблих та травмованих на машино-кілометр, для відображення рівня ризику та його зміни по мірі переміщення учасника руху по дорозі.

iRAP фокусується на дорогах, на яких відбувається найбільше число ДТП із загиблими. У Європі більшість таких ДТП відбувається поза населеними пунктами, концентруючись приблизно в 30-40% на головних ділянках мережі доріг загального користування. У країнах з низьким і середнім рівнем доходів загибель пішоходів – досить поширене явище на міських і приміських трасах.

Рейтинг iRAP [42], враховує щонайменше 66 показників – факторів ризику. Такий підхід дозволяє докладно проаналізувати окрему ділянку дороги, але потребує значних витрат часу та коштів, як на первинне обстеження доріг, так і на подальшу актуалізацію.

1.3 Аналіз існуючих досліджень, що присвячені питанням безпеки дорожнього руху

Багато вітчизняних та закордонних вчених займались питанням безпеки дорожнього руху. Найбільш значні на пострадянському просторі дослідження були проведені такими вченими як Сильянов В.В., Поліщук В.П., Вайсман А.І., Клінковштейн Г.І. та Гаврилов Е.В.

Розробкою теоретичних основ та практичних методів керування автомобілем як транспортним засобом щодо функціонування в ергатичній системі «автомобіль-водій-дорога» у завданні підвищення ефективності використання транспорту та безпеки його руху у своїх наукових працях займався Осташевський С.А. [64].

Розробкою теоретичних основ системного формування технологій автомобільних перевезень на етапах життєвого циклу автотранспортного засобу для задоволення довгострокових потреб у більш економічних і прогресивних схемах відтворення продукту, а також для підвищення ефективності транспортної системи згідно концепції економії енергії та ресурсів займався Хабутдінов Р.А. [86].

Осипов В.О. у своїй наукових працях, приділив увагу вивченню та розробці методів оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг [62].

Сучасні наукові підходи до управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах з урахуванням режимів роботи світлофорної сигналізації та чинників, які впливають на роботу перехресть викладено в наукових працях Могили І.А. та Форнальчика Є.Ю. [85].

Розробкою теоретичних основ і практичних методів оптимального планування і маршрутизації перевезень у транспортних системах, які враховують обмеження на пропускні здатності їх транспортних вузлів і комунікацій, у своїх наукових працях займався Прокудін Г.С. [74].

Проведений аналіз існуючих досліджень засвідчив наявність фундаментальних праць в напрямку забезпечення безпеки руху, але також виявив ряд питань, які не були враховані раніше.

Автори [116] наголошують, що швидкість руху є одним з основних факторів ризику дорожньо-транспортного травматизму: вона не тільки збільшує ризик настання ДТП, а й посилює її наслідки.

Розробці теоретичних основ та моделюванню руху транспортних засобів та транспортних потоків приділена велика увага, що відображено в роботах таких вчених, як Дрю Д. [28] та Ланового О.Т. [54].

Слід зауважити, що значна частина проведених досліджень розглядає питання безпеки дорожнього руху з точки зору досягнення максимальної ефективності роботи транспортних потоків: в найкоротший час, за найкоротшим маршрутом та з максимально можливою швидкістю.

Вченими [106], на основі аналізу показників GPS-трекерів, було проведено дослідження, що дозволило вивчити поведінку водіїв за кермом та їх стиль водіння. До дослідження було залучено 27 водіїв на ділянці дороги SS106 довжиною 10 км у Південній Італії. На підставі трьох характерних швидкісних діапазонів було запропоновано три типи поведінки водіїв за кермом. Було встановлено, що з віком та зростанням досвіду, поведінка водіїв за кермом стає безпечнішою, а водії з більшим досвідом керування автомобілем частіше надають перевагу руху з низькою швидкістю. Тим самим це може провокувати інших учасників руху, особливо молодь з невеликим водійським стажем, здійснювати випередження та інші маневри, що створює небезпеку для всіх учасників руху.

Вивчення проблеми перевищення швидкості та схильності водіїв до імпульсивного прийняття рішень наведено в дослідженні італійських вчених [119]. До опитування було залучено 139 водіїв різного віку. Серед отриманих

висновків слід відмітити, що існуючі підходи з підвищення безпеки дорожнього руху, такі як освіта та штрафні санкції, не завжди ефективні для водіїв. Для таких категорій варто застосовувати деякі форми обмежень, пов'язаних із віком, наприклад, диференційний підхід до видання посвідчення водія.

Однією з поширених хибних думок є те, що помилкові дії водіїв є єдиною та винятковою причиною виникнення ДТП. Автори дослідження [114] дійшли думки, що елементи системи (водій, дорога з навколишнім середовищем і транспортні засоби) тісно взаємопов'язані, а на виникнення ДТП чинить вплив взаємодія щонайменше двох них (рис. 1.12).

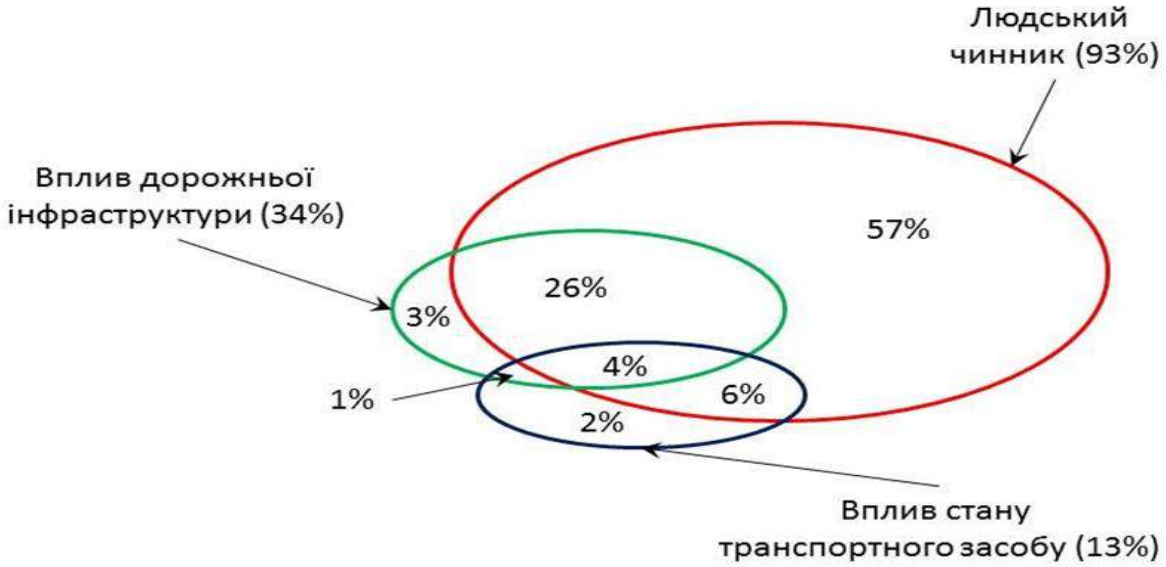


Рисунок 1.12 – Взаємодія факторів виникнення ДТП

Аналіз досліджень [46] та [114] показав, що однією з головних причин виникнення ДТП можна назвати людський фактор (рис. 1.12).

Вченими [11, 15, 23, 24, 25, 26] було започатковано системний підхід до вивчення психофізіологічних властивостей водія, позиції людини та водія в певних ситуаціях, їх вплив на безпеку дорожнього руху, та встановлення закономірностей роботи системи «автомобіль-водій-дорога».

Дослідження [117], проведені в Данії стосовно 291 ДТП, які відбулись впродовж понад 10 років, показують наступний розподіл факторів, які їх спричинили (табл. 1.5). оце по Україні б написати, а не по Данії

Таблиця 1.5 – Найбільш розповсюджені людські фактори, що спричинили дорожньо-транспортні пригоди

Назва	% вирішальності	
	на виникнення ДТП	на отримання ушкоджень
Перевищення швидкості	13,88	24,39
Обмежена видимість	16,37	0,81
Неуважність та необачність	14,56	–
Неправильне оцінювання ситуації на дорозі	9,82	–
Небезпечне маневрування	9,37	5,69
Перебування під впливом алкоголю, наркотиків або ліків	7,22	1,63
Непристебнуті паски безпеки	–	51,22
Інші фактори	28,78	16,26

У результаті дослідження [99], що базується на базі даних безперервних 3-річних спостережень за допомогою відеореєстраторів та сенсорів із залученням понад 3500 водіїв було встановлено, які сторонні подразники або дії, що мають найбільший вплив на водіїв. Найбільше відволікає водіїв. Як свідчить статистика, 618 з 905 ДТП із постраждалими та/або матеріальним збитком сталися саме з причини відволікання під час використання сторонніх електронних пристроїв (табл. 1.6).

Аналіз досліджень виконаний науковцями у Сполучених Штатах Америки свідчить, що усунення факторів відволікання водіїв, може запобігти виникненню ДТП, ця кількість може бути знижена із 11 млн ДТП до 4 млн щороку.

Таблиця 1.6 – Найбільш розповсюджені фактори відволікання водіїв, що передували дорожньо-транспортних пригодам

Назва	Тривалість від загального часу звичайної поїздки, %
1	2
Видиме погіршення уваги, що спостерігалось впродовж 20 секунд до настання ДТП	*1,92 %*
в т. ч., спричинене дією наркотичних речовин або алкоголю	0,08 %
сонливістю або втомою	1,57 %
проявом емоцій (злість, сум, плач та/або емоційне збудження)	0,22 %
Помилкові дії водія	*4,81 %*
в т. ч., пов’язані з недосвідченістю водія/незнайомою дорогою	0,07 %
«мертвою зоною» огляду з місця водія	0,05 %
поворотом в забороненому місці	0,51 %

Кінець таблиці 1.6

1	2
ненаданням переваги в русі	0,01 %
недотриманням вимог дорожніх знаків, сигналів світлофора та/або регулювальника	0,19 %
порушенням правил проїзду перехрестя	1,05 %
виїздом на смугу зустрічного руху	0,19 %
рухом з дуже низькою швидкістю	0,97 %
раптовим або недоречним гальмуванням/зупинкою	0,01 %
не подаванням попереджувального сигналу	2,27 %
Помилки прийняття миттєвого рішення	*4,22 %*
в т. ч., пов’язані з агресивною манерою керування (загальна спостережувана поведінка водія)	0,10 %
перевищенням швидкості (понад встановлені обмеження або з огляду на дорожню обстановку)	2,77 %
перевищенням швидкості або недотриманням інших встановлених вимог на ділянках виконання дорожніх робіт	0,05 %
порушення вимог обгону	0,18 %
недотриманням безпечної дистанції	0,07 %
навмисним порушенням вимог дорожніх знаків, сигналів світлофора та/або регулювальника	0,19 %
порушенням правил проїзду перехрестя	1,04 %
Видиме відволікання уваги, що спостерігалось впродовж 6 секунд до настання ДТП	*51,93 %*
в т. ч., пов’язане з керуванням аудіосистемою	2,21 %
керуванням системою клімат-контролю	0,56 %
керуванням іншою бортовою системою	0,83 %
керуванням бортовими системами в цілому	3,53 %
спогляданням на мобільний телефон	0,73 %
набиранням телефонного номера (тримаючи телефон в руці)	0,14 %
прийманням телефонного дзвінка	0,58 %
набиранням повідомлення (тримаючи телефон в руці)	1,91 %
розмовою по телефону (тримаючи телефон в руці)	3,24 %
користуванням телефоном в цілому (тримаючи телефон в руці)	6,40 %
відволіканням на дитину на задньому сидінні	0,80 %
спілкуванням з пасажирами	14,58 %
читанням/писанням (в т. ч. на планшеті)	0,09 %
вживанням їжі	1,90 %
вживанням безалкогольних напоїв	1,22 %
особистими гігієнічними процедурами	1,69 %
діставання предметів (окрім мобільних телефонів)	1,08 %
підтанцьовування під музику	1,10 %
тривалим затриманням погляду на сторонніх об’єктах або предметах	0,93 %

Результати багаторічних досліджень [102] свідчать, що успішне впровадження новітніх допоміжних систем для водіїв, динамічних систем

керування дорожнім рухом (інтелектуальних транспортних систем, ITC) або удосконалення конструкцій доріг значною мірою залежить від того, наскільки учасники дорожнього руху можуть або хочуть сприймати ці нововведення. На всіх етапах розвитку ITC (від концептуальної розробки до широкомасштабної реалізації) необхідні емпіричні дослідження для вивчення таких питань, як поведінка водія, взаємодія людина-машина, навантаження на організм під час виконання роботи та прийнятність умов праці.

Ці висновки корелюють з філософією Vision Zero [121], яка набула поширення у багатьох країнах світу та полягає в тому, що шляхом створення безпечної транспортної системи можна якщо не запобігти виникненню ДТП, то, принаймні, виправити неминучі людські помилки таким чином, щоб вони не призводили до загибелі та серйозних травм.

Таким чином, аналіз розподілу швидкостей по довжині дороги або вулиці у поєднанні з аналізом умов руху, які їх спричинили, може стати ключем до встановлення причин виникнення аварійних ситуацій. При цьому слід приймати до уваги той факт, що поведінка водія за кермом є похідною від темпераменту, часу, проведеного за кермом, умов руху та характеристик транспортного засобу, яка проявляється у манері керування та виборі швидкості руху.

1.4 Аудит безпеки автомобільних доріг, як метод зниження аварійності

Збільшення парку автомобільного транспорту негативно впливає безпеку дорожнього руху в Україні та в світі. Аналіз звітів Всесвітньої організації охорони здоров’я показав, що дорожньо-транспортний травматизм займає восьме місце в переліку основних причин смертності в світі. Рішення цієї проблеми потребує невідкладних заходів.

Практика проектування та здійснення заходів з підвищення безпеки руху на вже існуючих дорогах, зазвичай є реакцією на ДТП, що вже виникли, місця їх концентрації, тобто постфактум.

Наміри України щодо інтеграції в ЄС [38] зобов’язують країну адаптувати національну систему технічного регулювання до міжнародних та європейських стандартів. Одним із прикладів успішного підвищення безпеки автомагістралей

ЄС є встановлення ряду базових принципів безпеки для керування дорогами, що входять до транс'європейської транспортної мережі [73]: аудит безпеки автомобільних доріг, визначення найбільш небезпечних ділянок доріг та оцінка впливу на безпеку руху ще до початку будівництва нових доріг. Основний принцип полягає в тому, що гроші платників податків не повинні витрачатися на будівництво небезпечних доріг та вулиць.

Найбільш дієвим методом запобігання виникненню аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг є проведення аудиту безпеки дорожнього руху, що дозволить на різних стадіях технологічного готовності дороги виявити та усунути можливі причини ДТП.

Аварійно-небезпечна ділянка – це ділянка дороги, параметри чи облаштованість якої не відповідають вимогам державних будівельних норм та стандартів із безпеки дорожнього руху [29].

Аудит безпеки автомобільних доріг – це незалежне, системне, технічне та детальне оцінювання впливу проектних рішень на безпеку автомобільних доріг [37].

Важливість запровадження аудиту безпеки автомобільних доріг та вулиць полягає в:

- проектуванні безпечних доріг та вулиць;
- запобіганні виникненню (повному або суттєво зменшеному) місць концентрації ДТП та пом’якшенні тяжкості наслідків ДТП;
- зменшенні загальних витрат в межах життєвого циклу доріг та вулиць;
- відсутності необхідності (зменшення необхідності) виконання додаткових робіт після введення дороги або вулиці в експлуатацію;
- більш чіткому розумінні водіями організації дорожнього руху та умов руху;
- впровадженні в майбутньому більш досконалих стандартів з проектування автомобільних доріг та організації дорожнього руху;
- економії коштів, зменшення соціальних витрат та витрат на медичне обслуговування за рахунок зменшення кількості ДТП.

Країни, які запровадили проведення аудиту безпеки автомобільних доріг, відзначають, що він є ефективним засобом попередження виникнення ДТП [94, 113].

Саме ці принципи були покладені в основу Закону України [37], який передбачає запровадження незалежної, детальної, системної, технічної оцінки інженерних рішень щодо складових автомобільних доріг та вулиць з метою визначення їх впливу на забезпечення безпеки дорожнього руху, яка здійснюється на всіх етапах від планування до введення в експлуатацію та під час експлуатації з метою забезпечення безпеки дорожнього руху та інтегрування автомобільних доріг України в міжнародну мережу автомобільних доріг з високим рівнем безпеки дорожньої інфраструктури, та досягнення значного зниження рівня аварійності.

Орієнтація на безпечну дорожню інфраструктуру є одним з важливих аспектів безпечного системного підходу і широко застосовується в ЄС. При безпечному системному підході визнається, що навіть найкращий учасник дорожнього руху може робити помилки. Учасники дорожнього руху є відповідальні за свою поведінку на дорозі або вулиці. Проте якщо уникнути аварії неможливо, то, принаймні, на дорозі або вулиці повинні бути створені умови, що дозволяють звести до мінімуму наслідки ДТП.

В більшості країн світу застосовуються принципи проектування доріг, які зазвичай передбачають заходи з безпеки дорожнього руху, але ДТП продовжують виникати. Така ситуація зумовлюється декількома причинами.

По-перше, нормативні документи щодо проектування часто містять мінімальні вимоги щодо безпеки дорожнього руху, а поєднання окремих рекомендованих заходів може призвести до небезпечних ситуацій.

По-друге, бувають випадки, коли виникає обґрунтована потреба тією чи іншою мірою відійти від вимог нормативних документів. Це можливо особливо у щільно забудованих районах або важкодоступній місцевості.

Коли виникає потреба у будівництві нової дороги або вулиці, або коли необхідно реконструювати наявну дорогу або вулицю у зв'язку із зміною місцевих умов, проектанти повинні зважати на велику кількість різних аспектів та інтересів, які впливають на кінцевий проект. Такі причини, як вартість проекту, екологічні та політичні обмеження, змушують проектанта йти на компроміси, в результаті яких не завжди вдається отримати проектне рішення з найвищим рівнем безпеки дорожнього руху. Результати взаємодії елементів системи

(рис. 1.13) не аналізуються, а чинні процедури експертизи зазвичай використовуються тільки для перевірки окремих елементів дороги на відповідність нормам проектування.

В результаті, щойно побудовані або реконструйовані дороги або вулиці також можуть забезпечувати порівняно низький рівень безпеки дорожнього руху, що в подальшому призводить до вживання затратних заходів з метою виправлення негативних ситуацій.

Для запобігання появі небезпечних нових доріг, у Великобританії було започатковано аудит безпеки автомобільних доріг (Road safety audit, RSA), який набув поширення в інших країнах світу. Під час аудиту безпеки автомобільних доріг команда сертифікованих фахівців здійснює перевірку проектної документації на предмет можливого покращення з точки зору безпеки дорожнього руху та інформує про це власника автомобільної дороги або вулиці.

Аудит безпеки автомобільних доріг визнано одним з найбільш ефективних інженерних інструментів. Беручи до уваги Директиву [73], Європейський Союз прийняв чітке рішення і визнав, що безпека дорожнього руху має важливе значення. Очевидно, що найближчим часом аудит безпеки автомобільних доріг стане обов'язковим для транс'європейської мережі автомобільних доріг (TEN-T) [112], а Європейський інвестиційний банк вже розширює застосування Директиви через свої проекти, в тому числі і в Україні [38, 44].

Проведення аудиту безпеки автомобільних доріг є обов’язковим на міжнародних автомобільних дорогах, починаючи з 01 січня 2021 року та національних автомобільних дорогах, починаючи з 16 травня 2022 року [38].

Головна перевага аудиту безпеки автомобільних доріг полягає в тому, що власники автомобільних доріг та вулиць можуть вжити відповідні запобіжні заходи перед тим, як станеться ДТП. Крім того, виправлення недоліків до початку будівництва і до початку руху транспортних засобів допоможе уникнути затратних та тривалих процесів виправлення допущених проектних помилок на вже побудованій дорожній інфраструктурі.

Аудит безпеки автомобільних доріг є проактивним (запобіжним) елементом [114], який має бути включений в процес проектування нових доріг, заходів з реконструкції та капітального ремонту (рис. 1.13).

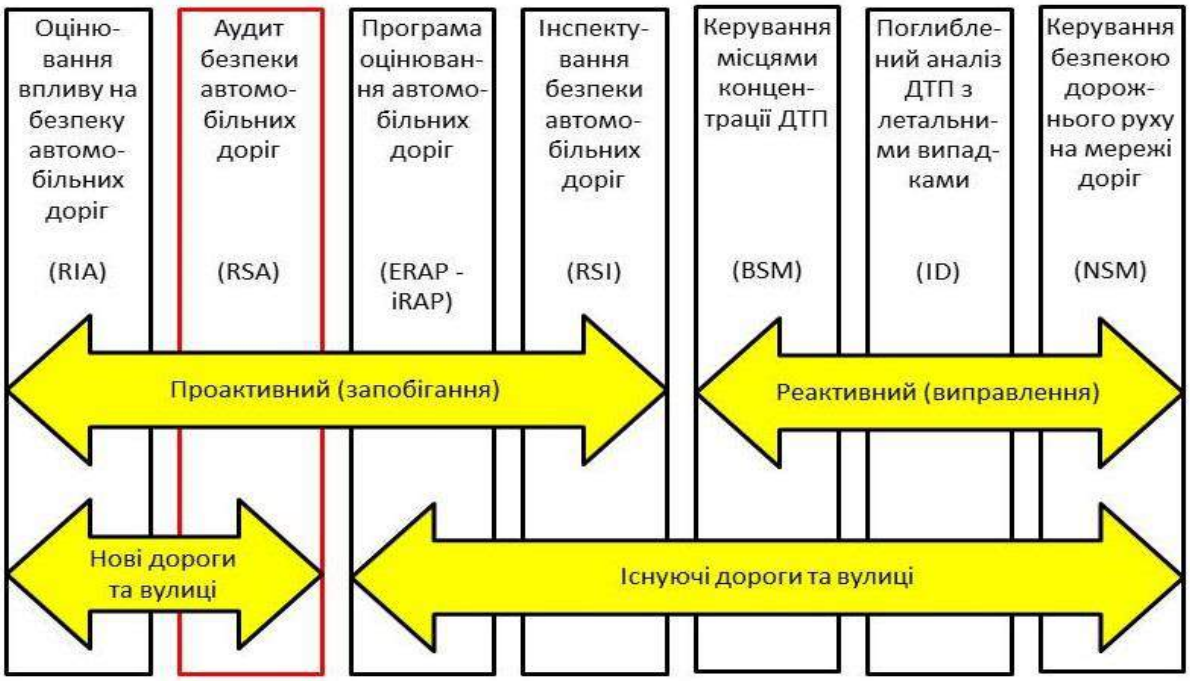


Рисунок 1.13 – Аудит безпеки автомобільних доріг як складова системи керування безпекою дорожнього руху [114]

1.5 Розроблення основних завдань дослідження

У ряді країн, у тому числі і в Україні, проблема підвищення безпеки дорожнього руху в останні роки набула особливої актуальності. Це пов'язано, в першу чергу, зі зростанням автомобілізації, вдосконаленням дорожньої інфраструктури, появою на ринку більш потужних і швидкісних автомобілів. Всі ці прикмети часу, що особливо характерні для країн з ринковою економікою, де для перевезення вантажів і пасажирів все ширше використовується автомобільний транспорт, викликали ряд проблем, які потребують невідкладного вирішення.

На сьогоднішній день проблема забезпечення безпеки дорожнього руху та прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг є актуальним та складним соціально-економічним та технічним завданням.

Метою дослідження є удосконалення методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг з урахування впливу дорожніх умов на швидкість руху.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних завдань (рис. 1.14):

- виконати аналіз існуючих методів прогнозування аварійно небезпечних ділянок і визначення показника безпеки на автомобільних дорогах;
- удосконалити метод прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на основі обґрунтування показника невідповідності умов руху вимогам транспорту;
- розробити метод розрахунку просторової видимості на автомобільній дорозі;
- провести натурні та математично-статистичні дослідження швидкостей руху транспортного потоку в різних дорожніх умовах з метою підтвердження адекватності розробленого методу;
- розробити методику та програмний продукт для потреб аудиту безпеки автомобільних доріг з метою превентивного виявлення аварійно-небезпечних ділянок.

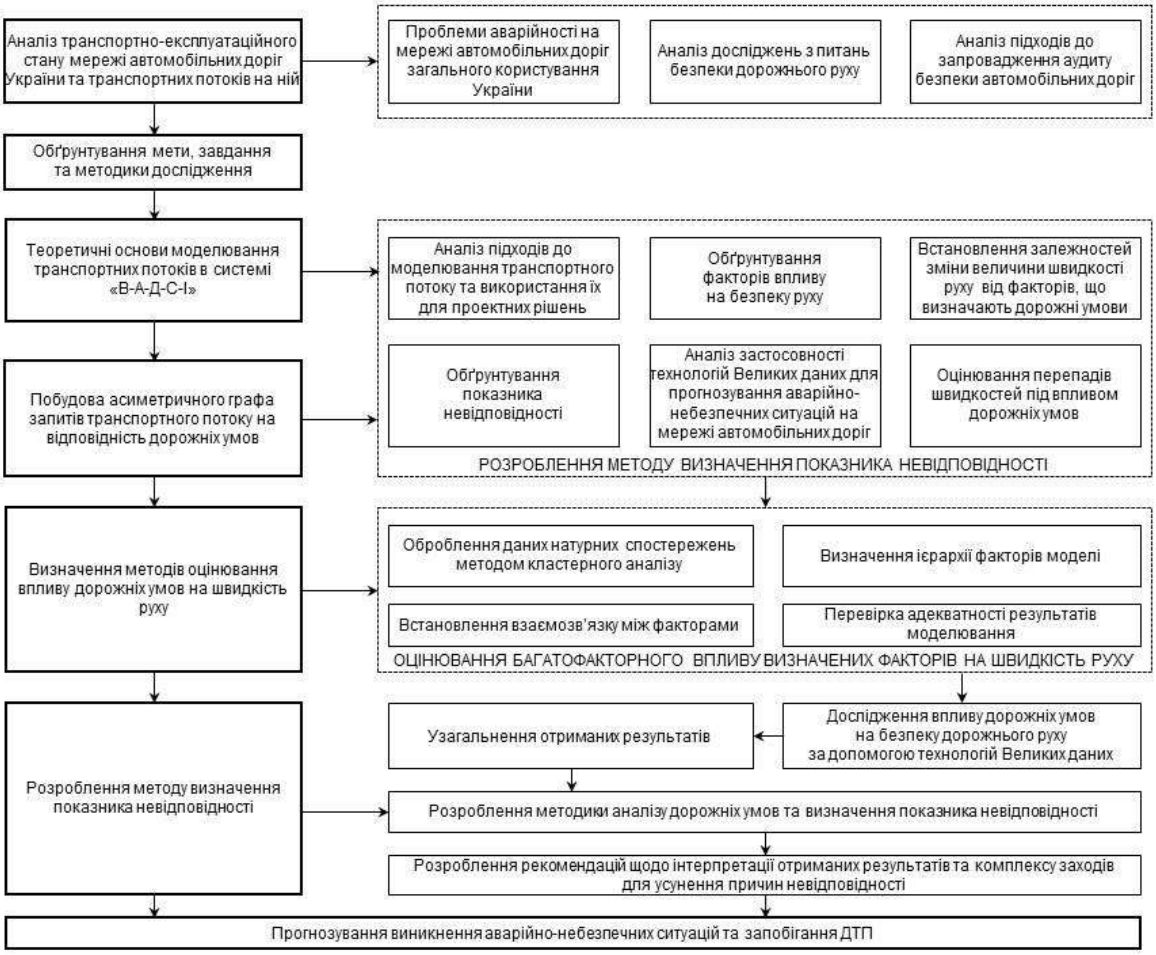


Рисунок 1.14 – Структурна схема дослідження

Мета і завдання дослідження однозначно визначають об’єкт дослідження – процес руху транспортних потоків на мережі автомобільних доріг.

Виконання етапів дослідження дозволить встановити причини високого рівня аварійності та можливості створення умов для забезпечення безпеки руху. Прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг дозволить істотно зменшити аварійність на автомобільному транспорті.

Висновки до розділу 1

1. На сьогоднішній день Україна входить в десятку країн Європи з найвищими показниками травматизму та смертності внаслідок ДТП.

Відомі методики, в переважній більшості, спрямовані на обробку та аналіз даних про умови руху вже після настання ДТП, а заходи, які згідно них призначаються, спрямовані на поліпшення дорожніх умов лише на місцях концентрації ДТП.

2. Встановлено, що найбільш дієвим методом прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг є проведення аудиту безпеки дорожнього руху, що дозволить на різних стадіях технологічного готовності дороги виявити та усунути можливі причини ДТП.

3. Постає необхідність проведенні натурних спостережень для визначення факторів, що впливають на безпеку дорожнього руху, що в подальшому дасть змогу перейти до багатофакторного аналізу надійності системи «Водій-автомобіль-дорога-середовище-інформація» та прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг.

Результати досліджень даного розділу викладено у публікаціях [6, 46].

РОЗДІЛ 2
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК

2.1 Системний підхід до вивчення руху транспортних потоків

Відомо, що пересування транспортних засобів між населеними пунктами, їх взаємодія між собою та навколишнім середовищем у просторі і в часі створює на дорогах складну систему взаємодії [28, 55, 69, 85, 88], що можна описати схематично (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Взаємодія в системі «Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище – Інформація»

Система «Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище – Інформація» (далі – ВАДСІ), при сумісному функціонуванні всіх складових, має певні властивості, що відсутні у кожної окремої складової, що входять в систему. Кожна складова системи ВАДСІ може розглядатися як система більш низького рівня. Таким

чином, цій системі притаманна ієрархія. У свою чергу система ВАДСІ входить в систему більш високого рівня: транспортні системи регіону чи країни, які включають в себе інші види транспорту.

Порушення в роботі будь-якої зі складових системи ВАДСІ призводить до зниження її ефективності (зменшення швидкості руху, невмотивованим зупинок, збільшення витрати палива) або до аварії (ДТП).

Варто зазначити, що зміна умов руху на різних ділянках дороги або їхнє ускладнення у зв’язку зі збільшенням інтенсивності руху, а тим більше при помилкових діях учасників дорожнього руху, негайно позначається на психологічному стані водія й ступені його емоційної напруженості.

Забезпечення безпеки дорожнього руху як динамічного процесу, що об'єднує безліч учасників, технічних засобів, конструктивних елементів і особливостей дорожньої інфраструктури, а також факторів середовища, вимагає багатофакторного системного аналізу надійності цієї системи, яка характеризується значним масивом параметрів, що корелюють між собою, тобто піддаються математичного аналізу.

Багатофакторний системний аналіз надійності зазначеної системи має включати в себе натурні спостереження, моделювання, встановлення відповідності умов руху вимогам транспортних потоків та прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг.

Технічне рішення поставленої задачі можливе на основі інформаційних технологій Великих даних (Big Data), оскільки інформаційні системи контролю дорожнього руху використовують системи відеомоніторингу, дорожні сенсори, системи супутників, інтерактивні сервіси взаємодії з користувачами та метеорологічні системи [55].

2.2 Встановлення підходів до моделювання транспортного потоку та використання їх для проектних рішень

Завдяки поєднанню зусиль теоретиків (математиків, фізиків, психологів та

інших) та практиків (транспортних інженерів) здійснюється постійне вдосконалення як складових автомобільної дороги, так і методів, моделей та алгоритмів прогнозування інтенсивності руху, розподілу інтенсивності руху на мережі автомобільних доріг, засобів та методів організації дорожнього руху, систем керування дорожнім рухом тощо.

Вирішення проблем та завдань планування розвитку транспортних мереж та керування транспортними потоками неможливе без математичного моделювання.

В свою чергу, будь-яка модель потребує постійного розвитку, щоб належним чином відтворювати поведінку модельованої системи, особливо такого складного, багатофакторного та змінного в часі та просторі середовища, як транспортний потік. Важливу роль у калібруванні параметрів моделі грають дані натурних спостережень за параметрами транспортної мережі та транспортного потоку.

Починаючи зі створення Брюсом Гріншильдсом у 1934 році першої (фундаментальної) моделі транспортного потоку [93, 120], яка показала залежність дистанції між транспортними засобами (headway) та їх швидкістю, до сьогодення було розроблено ще, щонайменше, 62 моделі [101, 123]. Моделювання важливе для розуміння поведінки транспортного потоку та формування ефективних стратегій керування дорожнім рухом. Затори, дорожньо-транспортні пригоди та різкі зміни умов руху спричиняють взаємодією транспортних засобів. Водії реагують на дорожню ситуацію у напрямку руху, що знаходить відображення у зміні дистанції та швидкості транспортного засобу. В наш час інструменти моделювання транспортного потоку використовуються як для довгострокового планування, так і для короткострокових прогнозів на основі фактичних даних про дорожній рух. У майбутньому моделі та інструменти моделювання можуть бути вдосконалені для ефективного застосування, наприклад, автомобільних автопілотів, адаптивного круїз-контролю, динамічного керування дорожнім рухом та планування шляхів евакуації у випадку надзвичайних ситуацій.

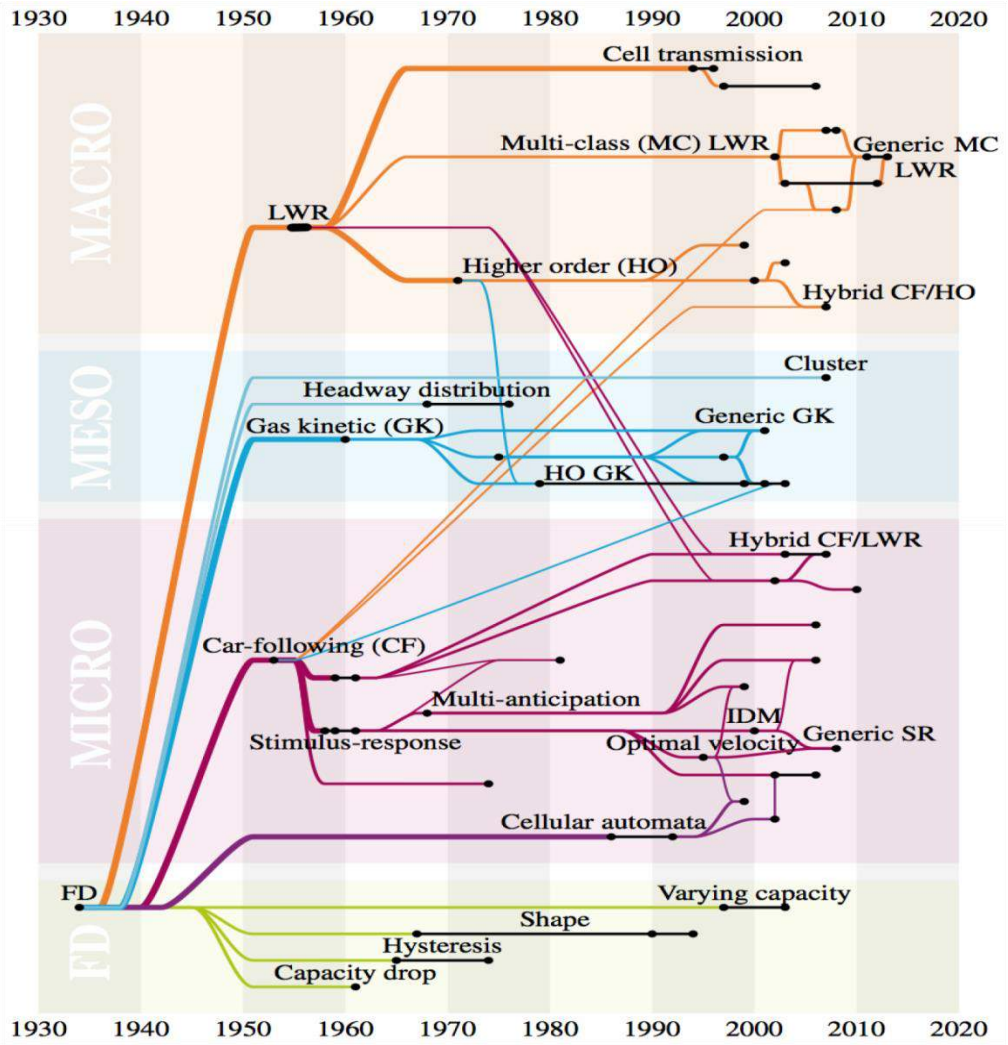


Рисунок 2.2 – Узагальнена діаграма розвитку моделювання транспортного потоку [123]

Примітки: 1. Кожна точка означає модель. 2. Чорна лінія показує, що та сама або дуже подібна модель була запропонована декілька разів різними дослідниками

У цілому, розрізняють (рис. 2.2) 4 рівня (підходи) до моделювання транспортного потоку [101, 109, 123]:

- **фундаментальний (FD)**, який не враховує зміну дистанції та швидкості в часі;
- **мікроскопічний (MICRO)**, який ґрунтується на характеристиках різних типів транспортних засобів (автомобілі, автобуси, вантажівки, мотоцикли тощо) та їх взаємодії один з одним. Цей підхід має на меті аналіз таких параметрів, як інтенсивність, щільність, швидкість, час руху та час затримки, довгі черги, зупинки, забруднення довкілля, витрата палива та ударні хвилі;

- **макроскопічний (MACRO)**, який вивчає транспортні потоки як єдине ціле (середовище). Враховуються лише агреговані змінні, такі як середня щільність, середня інтенсивність та середня швидкість. Для того, щоб врахувати відмінності між типами транспортних засобів (наприклад, легкові та вантажні автомобілі), розроблені багатокласові версії макроскопічних моделей;
- **мезоскопічний (MESO)**, який є проміжним між мікроскопічним та макроскопічним підходами, описуючи рух транспортних засобів як розподіл ймовірностей, причому, використовуючи правила поведінки, визначені для окремих транспортних засобів

Слід зауважити, що класифікація моделей транспортного потоку може здійснюватися за іншими критеріями, такими як постійні чи дискретні змінні, рівень деталізації, стохастичне або детерміноване представлення процесу, масштаб застосування, тип рівнянь моделі (диференціальні або дискретні) або кількість фаз, описаних моделлю тощо [101].

Відповідно до вимог чинних нормативних документів, українські транспортні інженери під час проектування автомобільних доріг, дорожніх одягів та організації дорожнього руху, визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів, планування робіт з ремонту та утримання автомобільних доріг, аналізу аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах використовують переважно мікроскопічний підхід до моделювання транспортного потоку (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Основні параметри транспортного потоку або окремих транспортних засобів, які використовуються для проектних рішень

Шуканий(і) параметр(и)	Використовуваний параметр (характеристика)				
	інтенсивність руху	швидкість руху	навантаження на вісь	склад потоку	довжина транспор-тного засоба
1	2	3	4	5	6
Категорія автомобільної дороги згідно з 4.1.2 [18]	приведена або фактична				
Геометричні елементи автомобільної дороги згідно з 4.2.1 та 4.3 [18]		розрахун-кова	норматив- на		норматив-на

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Кількість та ширина основних смуг руху згідно з 5.1.4 [18] та додаткових згідно з 5.1.25 [18] смуг руху	приведена				
Конструкція дорожнього одягу згідно з 8.1 [18] та 6.2 [12]	перспек-тивна		норматив не	фактич-ний	
Пропускна здатність згідно з 5.2 [59]		розрахун-кова		питомий	усереднe-на
Показник невідповідності згідно з 8 [59]		розрахун-кова		питомий	усереднe-на
Коефіцієнт пригод згідно з 7.1.2 або коефіцієнт небезпеки згідно з 7.1.3 [31]	фактична				
Комфортність руху згідно з 7.2.4 [31]	фактична	фактична			

Враховуючи кількісні та якісні зміни, які відбулись з транспортною галуззю України [2, 6], все більш нагальною є потреба у здійсненні досліджень, які дозволять, щонайменше, дізнатись фактичні параметри сучасних транспортних потоків та їх вплив на мережу автомобільних доріг та споруди транспорту. Це, в свою чергу, дозволить використовувати світові здобутки з транспортного моделювання [101, 123].

Запропонований в цьому дисертаційному дослідженні підхід, відноситься до макроскопічного рівня транспортного моделювання.

2.3 Обґрунтування факторів, які впливають на безпеку руху

2.3.1 Основні принципи визначення поняття відповідності

Процес руху автомобільного транспорту є дуже складним та непередбачуваним. Це зумовлено багатьма факторами: дорожніми умовами, кількістю і технічними характеристиками транспортних засобів, психологічними якостями і досвідом водія тощо. Саме тому, постає необхідність встановити відповідність умов руху вимогам транспортного потоку.

Трактування поняття *Відповідності* надається в теорії множин [53, 87].

Відповідністю бінарного співвідношення множин $a \in \boldsymbol{A}$ та $b \in \boldsymbol{B}$ – є будь-яка

підмножина ***R*** декартового добутку ***A*** × ***B***:

$$R \in A \times B \text{ або } aRb. \tag{2.1}$$

Для окремих $a \in \boldsymbol{A}$ та окремих $b \in \boldsymbol{B}$ *відповідність* відсутня і такі множини називаються порожніми або R = ¢.

Множина елементів $b \in \boldsymbol{B}$, для кожного з яких знайдеться хоч би один елемент $a \in \boldsymbol{A}$, для якого aRb, називається областю значень *відповідності*, або Im*R*.

Для кожної $a \in \boldsymbol{A}$ множини елементів $b \in \boldsymbol{B}$, для яких aRb , називається областю *відповідності* ***R*** і позначається $im_R a$:

$$\mathrm{Im}R = \cup_{a \in A} \mathrm{im_R a}. \tag{2.2}$$

Кожна *Відповідність* однозначно визначається функцією a→ $\mathrm{im_R a}$, яка відображає множину ***A*** в множині підмножин ***B***.

Одночасно кожна функція *f* з ***A*** в множині підмножин ***B*** визначає певну *Відповідність* R(*f*) : aR(*f*)b тоді і тільки тоді, коли $b \in f(\mathrm{a})$.

Вказані співвідношення взаємно однозначні, що дозволяє вважати Відповідність **сукупністю частково визначених функцій між окремими елементами множин a ∈ A та b ∈ B.**

При описі фізичних процесів, сукупність $\mathrm{im_R a}$ описує результат взаємодії множин елементів $a \in \boldsymbol{A}$ і $b \in \boldsymbol{B}$.

Для скінчених множин ***A*** та ***B*** широко застосовуються як матричні, так і графові представлення відповідності (рис. 2.3).

З наведеного графа випливає, що для переходу в практичну площину вирішення задачі, подальшої її алгоритмізації та програмування багатофакторних розрахунків, необхідно формалізувати наступні залежності:

сукупності функції середньої швидкості руху транспортного потоку певного складу від величин окремих параметрів автомобільної дороги

та ***«показника невідповідності»*** ділянки з конкретними дорожніми умовами вимогам стабільності швидкісних режимів.

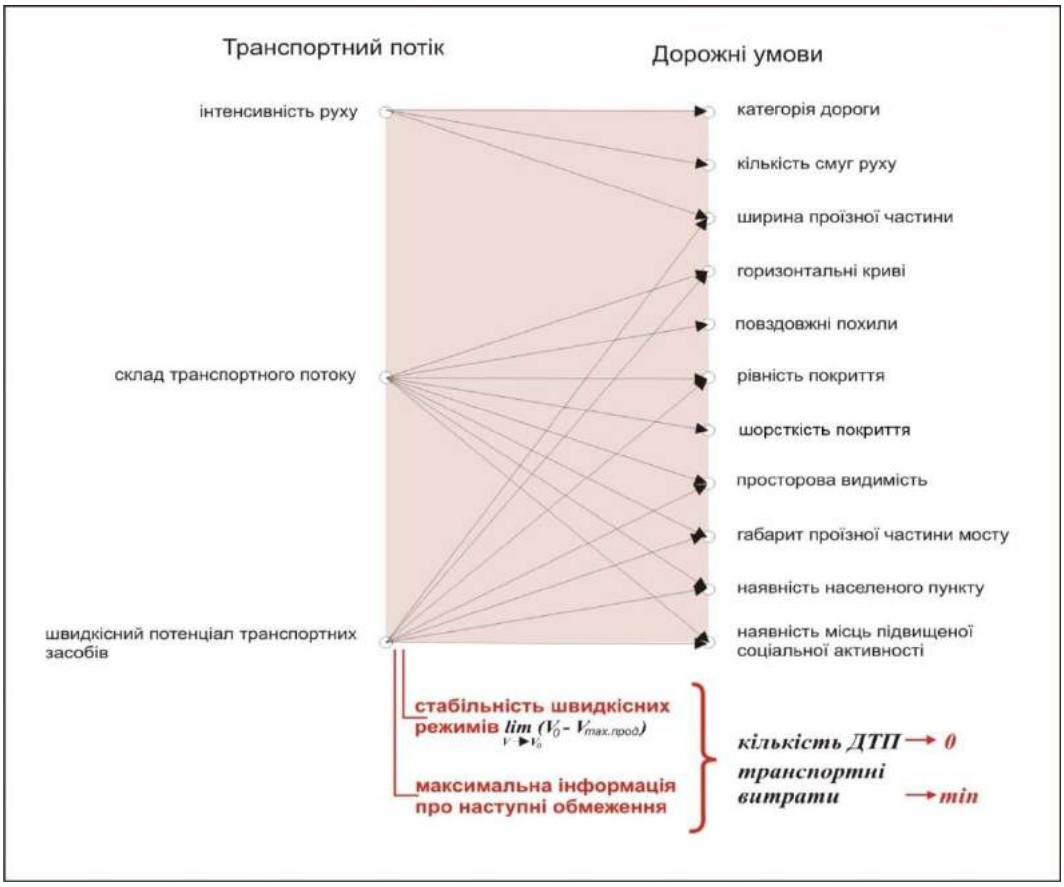


Рисунок 2.3 – Асиметричний граф запитів транспортного потоку на відповідність дорожніх умов та отриманих результатів

2.3.2 Математичне моделювання з використанням кластерного аналізу

Основним показником, який характеризує вплив дорожніх умов, навколишнього середовища, технічного стану автомобіля та психофізіологічних факторів на водія, визначено швидкість руху як окремих транспортних засобів, так і транспортного потоку за певний період часу та на певній ділянці автомобільної дороги.

Прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг неможливе без встановлення ієрархії існуючих факторів, що мають вплив на швидкість руху.

Визначення ієрархії факторів впливу на швидкість руху та безпеку транспортного процесу дасть змогу в подальшому удосконалити підходи до моделювання залежностей швидкості руху від дорожніх умов.

Для оцінювання впливу кожного з раніше визначених факторів (рис.2.1) на швидкість руху, за результатами натурних спостережень, проведених на автомобільній дорозі М-06 Київ – Чоп (на м. Будапешт через міста Львів, Мукачево та Ужгород) був сформований масив початкових даних.

Вибір цієї дороги здійснено на підставі наступних чинників:

– це найдовша (понад 900 км разом з підходами, обходами та транспортними розв'язками) дорога України та важливий транспортний коридор (національного та міжнародного значення);

– ця дорога проходить через 3 з 4-х дорожньо-кліматичних зон України (північну, центральну та гірську);

– за сукупністю характеристик ця дорога не відноситься до швидкісних доріг згідно з європейською класифікацією [96]. Тому проведений аналіз може бути корисний для дослідників, оскільки ДТП саме на позаміських дорогах такого типу (rural roads, non motorway) в ЄС мають найтяжчі наслідки (54 % від всіх загиблих);

– на цій дорозі станом на 01.01.2020 обліковується 19 з 59 загальноукраїнських місць концентрації ДТП [58].

Згідно сегментативної вибірки, дорогу М-06 Київ – Чоп (на м. Будапешт через міста Львів, Мукачево та Ужгород) було поділено на ділянки довжиною 1000 м (табл. 2.2) з вказуванням їх особливостей.

Таблиця 2.2 – Фрагмент таблиці результатів обстеження автомобільної дороги М-06

Параметр / фактор впливу	Порядковий номер ділянки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
індекс дороги	М-06	М-06	М-06	М-06	М-06	М-06	М-06	М-06
км+ початку	14+080	15+080	17+000	23+000	42+000	44+000	49+000	55+150
км+ кінця	15+080	16+080	18+000	24+000	43+000	45+000	50+000	56+150
довжина, м	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
категорія	1б	1б	1б	1б	1б	1б	1б	1б
кількість смуг руху прямо, шт	2	2	2	2	2	2	2	2
кількість смуг руху назад, шт	2	2	2	2	2	2	2	2
перехідно-швидкісні смуги	так	так	так	так	ні	ні	так	так

Кінець таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
радіус горизонтальної кривої, м	0	0	0	0	0	0	5100	3000
поздовжній похил, проміле	16,67	-9,35	0,17	27,42	7	1,25	-4,71	-10,88
рівність, см/км	29	26	24	23	23	21	20	25
рівність IRI, м/км	1,452	1,377	1,324	1,297	1,297	1,241	1,211	1,351
габарит моста, м	ні	ні	ні	ні	ні	ні	ні	ні
населений пункт	так	так	ні	ні	ні	ні	ні	ні
соціальна активність	так	так	ні	ні	ні	так	так	так
автозаправна станція	так	так	ні	ні	ні	ні	ні	ні
примикання або перехрестя	так	так	так	так	ні	ні	ні	ні
майданчик відпочинку	так	ні	ні	ні	ні	ні	ні	ні
коеф. зчеплення у прямому напр, смуга 1	0,393	0,390	0,363	0,418	0,474	0,441	0,447	0,425
коеф. зчеплення у прямому напр, смуга 2	0,404	0,390	0,373	0,426	0,455	0,437	0,438	0,430
коеф. зчеплення у зворотньому напр, смуга 3	0,373	0,395	0,429	0,466	0,447	0,460	0,428	0,460
коеф. зчеплення у зворотньому напр, смуга 4	0,354	0,411	0,412	0,447	0,429	0,450	0,428	0,446
коефіцієнт зчеплення середній	0,381	0,397	0,394	0,439	0,451	0,447	0,435	0,440
інтенсивність, авто/доба	49955	49955	49955	38057	22179	22179	22179	19038
частка легкових автомобілів, %	75,29	75,29	75,29	72,48	68,17	68,17	68,17	67,10
частка вантажних автомобілів, %	12,10	12,10	12,10	13,80	14,65	14,65	14,65	12,50
частка автопоїздів, %	9,65	9,65	9,65	11,62	15,01	15,01	15,01	17,93
частка автобусів, %	2,96	2,96	2,96	2,10	2,17	2,17	2,17	2,47
швидкість вільного потоку, км/год	88	77	89	95	112	110	109	112
85% забезпечення швидкості, км/год	108	108	112	116	130	128	128	132
обмеження швидкості, км/год	50	50	110	110	110	110	110	110

Потреба в модернізації підходів до прогнозування інтенсивності руху, розподілу інтенсивності руху на мережі автомобільних доріг, засобів та методів організації дорожнього руху, систем керування дорожнім рухом у зв’язку з кількісними та якісними змінами транспортної галузі України.

Націленість на безпечну дорожню інфраструктуру полягає в тому, що будь хто з учасників руху, навіть найкращий та найдосвідченіший, може робити помилки. Але якщо уникнути дорожньо-транспортної пригоди неможливо, то, на дорозі повинні бути забезпечені такі умови, що дозволяють звести до мінімуму тяжкість наслідків.

Модернізація підходів до прогнозування інтенсивності руху, розподілу інтенсивності руху на мережі автомобільних доріг, засобів та методів організації дорожнього руху, систем керування дорожнім рухом тощо здійснюється завдяки взаємодії транспортних інженерів з науковцями: математиками, фізиками,

психологами.

Транспортне дослідження – це сукупність видів діяльності, за допомогою яких можна отримати інформацію про дорожній або інший вид транспорту його мета полягає в отриманні вихідних даних для планування, проектування і модернізації дорожніх мереж і споруд, а також для проекту поліпшення експлуатації режимів на існуючих мережах або дорожніх спорудах з урахуванням безпеки, безперервності, зручності, економічності руху та його наслідків для довкілля [68].

На думку вчених [50, 68], кожне транспортне дослідження повинно відповідати наступним вимогам:

- дослідження має бути великим, щоб визначити відповідні характеристики з достатньою точністю, а також надавати необхідні дані в повному обсязі;
- дослідження має бути опрацьоване відповідно до принципів математичної статистики.

Результати досліджень мають надати не лише абсолютні значення характеристик, але й значення описової статистики, а також похідні залежності між досліджуваними елементами.

Дослідження базувалось на гіпотезі, що рішення про вибір безпечної швидкості руху приймає водій, а власне безпечна швидкість руху може бути визначена як мінімальна зі швидкостей, що зумовлюється факторами, наведеними на рис. 2.2.

Згідно з рекомендаціями [26], вибіркова сукупність, необхідна для подальшого опрацювання кластерним аналізом, розраховується за формулою:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{\Delta^2 \cdot N + t^2 \cdot \sigma^2}, \tag{2.3}$$

де t – показник достовірності;

σ^2 – міжгрупова дисперсія;

N – обсяг генеральної сукупності;

Δ – похибка вибірки.

Розрахований необхідний загальний розмір вибірки становить 263 ділянки дороги М-06.

Обробка результатів експериментальних досліджень можлива за наступними методами (рис. 2.4).

Дослідники досить часто зустрічаються з проблемою обробки та аналізу великих масивів даних, що були отримані при спостереженнях. А також розбиття множини досліджуваних об'єктів і ознак на однорідні в деякому сенсі групи, або кластери.

Рисунок 2.4 – Методи оброблення експериментальних досліджень [26]

Кластерний аналіз – це багатовимірний статистичний метод, тому передбачається, що вихідні дані можуть бути значного обсягу, тобто істотно великим може бути як кількість об'єктів дослідження (спостережень), так і ознак, що характеризують ці об'єкти [33, 36, 63].

До головної переваги кластерного аналізу можна віднести можливість розбивати об'єкти не за однією ознакою, а за рядом ознак. Також методи кластерного аналізу дозволяють побудувати нові ієрархії для недостатньо вивчених явищ, встановити зв’язки в середині сукупності та привести дані до

певної структури.

Кластерний аналіз потребує здійснення ряду послідовних кроків (рис 2.5):

Рисунок 2.5 – Алгоритм проведення кластерного аналізу

Основні фактори, прийнятні для подальшої обробки кластерним аналізом, наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Перелік факторів, відібраних для проведення кластерного аналізу

Код фактора	Основні фактори, що впливають на безпеку руху
Var1	радіус горизонтальної кривої
Var2	поздовжній похил
Var3	індекс рівності дороги
Var4	інтенсивність руху
Var5	кількість легкових автомобілів
Var6	кількість вантажних автомобілів
Var7	кількість автопоїздів
Var8	коефіцієнт зчеплення
Var9	кількість автобусів

За допомогою кластерного аналізу була отримана матриця відстаней, для виділення геометрично віддалених груп. Провівши послідовні обчислення

відстаней між усіма об’єктами будуємо матрицю відстаней (табл. 2.4).

Найпоширенішою мірою для визначення відстані між двома точками на площині, утвореної координатними осями x і y, є Евклідова відстань. Це геометрична відстань в багатовимірному просторі, яка обчислюється за формулою:

$$f(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^{k} (x_{il} - x_{jl})^2}\,, \tag{2.4}$$

де X_i , X_j – координати i-го і j-го об'єктів в k-мірному просторі;

x_{il} - x_{jl} – величина l-ої компоненти у i-му (j-му) об'єкті (l=1,2,...,k; і,j=1,2,...,n).

Таблиця 2.4 – Матриця відстаней для виділення геометрично віддалених груп

	Нормалізована відстань між центрами кластерів								
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5	Кластер 6	Кластер 7	Кластер 8	Кластер 9
Кластер 1	0,000000	0,228197	0,168763	0,847115	1,911500	1,391091	1,724990	1,530405	1,985403
Кластер 2	0,228197	0,000000	0,068246	0,796756	1,879326	1,364190	1,681535	1,479270	1,990974
Кластер 3	0,168763	0,068246	0,000000	0,790203	1,882692	1,362499	1,686102	1,488511	1,988460
Кластер 4	0,843115	0,796756	0,790203	0,000000	1,317413	0,792315	1,248339	0,983080	1,518997
Кластер 5	1,911500	1,879326	1,882692	1,317413	0,000000	0,553746	1,088685	0,702419	0,469270
Кластер 6	1,391091	1,364190	1,362499	0,792315	0,553746	0,000000	0,967743	0,544925	0,796771
Кластер 7	1,724990	1,681535	1,686102	1,248339	1,088685	0,967743	0,000000	0,582808	1,295098
Кластер 8	1,530405	1,479270	1,488511	1,983080	0,702419	0,544925	0,582808	0,000000	0,935838
Кластер 9	1,985403	1,990974	1,988460	1,518997	0,469270	0,796771	1,295098	0,935838	0,000000

Ієрархічні алгоритми кластерного аналізу пов'язані з побудовою дендрограм, які є результатом ієрархічного кластерного аналізу. Дендрограма описує близькість окремих точок і кластерів один до одного, представляє в графічному вигляді послідовність об'єднання кластерів. Також дендрограма представляє групування об’єктів, які змінюється на різних рівнях ієрархії. В результаті всі об'єкти можна звести до одного кластера.

Кластерний аналіз даних натурних спостережень було опрацьовано з використанням програмного комплексу Statistica 12. Встановлені зв’язки в середині сукупності даних дали змогу організувати отримані дані в певні структури. В результаті проведеної кластеризації було встановлено групи кластерів, які мають найбільший вплив на швидкість руху. Результати кластеризації представлено у вигляді дендрограми на рис 2.6.

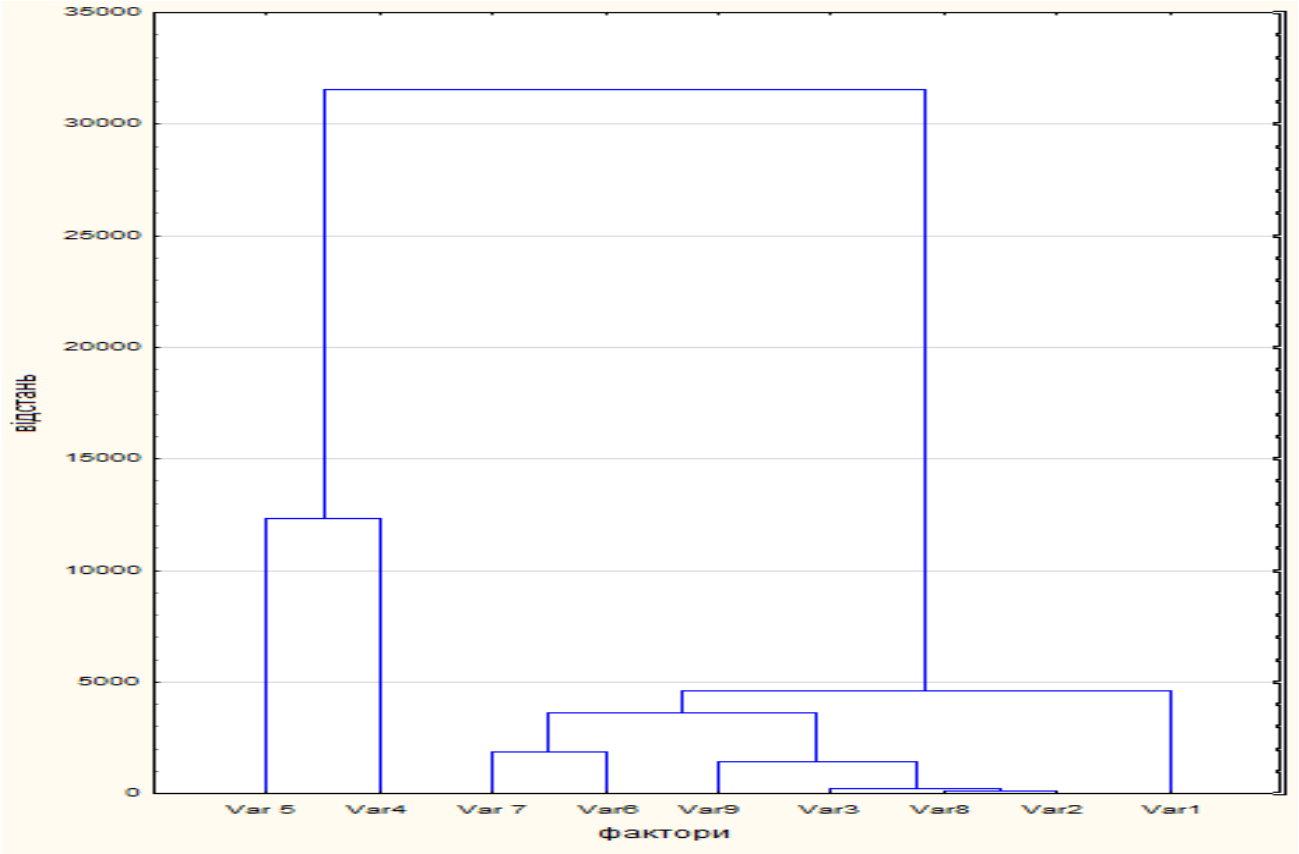


Рисунок 2.6 – Дендрограма об’єднання кластерів методом «одиничного зв’язку»

На дендрограмі ієрархічної кластеризації видно, що вся сукупність досліджуваних факторів розбита на три головні кластери, що мають найменшу відстань всередині і мають найбільший вплив на безпечну швидкість руху. Ієрархія кластерів наступна:

1. Перший кластер – це поєднання фактору 2 «поздовжній похил» та фактору 8 «коефіцієнт зчеплення», а також, як видно з дендограми, що і фактор 3 «індекс рівності дороги» має вплив на швидкість руху.

2. Другий кластер – фактори 7 і 6 – «кількість автопоїздів» та «кількість вантажних автомобілів» відповідно.

3. Третій кластер – фактори 5 і 4 – «кількість легкових автомобілів» та «інтенсивність руху» відповідно.

Найбільш віддалені кластери – пункти 9 «кількість автобусів» та 1 «найменший радіус горизонтальної кривої» – згідно кластерного аналізу, мають найменший вплив на безпечну швидкість руху.

У результаті проведеної обробки отриманих даних методом кластерного аналізу було встановлено ієрархію кластерів, що мають найбільший вплив на безпечну швидкість руху.

2.4 Встановлення залежностей зміни швидкості руху від факторів, що визначають дорожні умови

Будь-яке наукове дослідження об’єктів та систем передбачає використання наукових методів під час постановки задачі та знаходження її вирішення [128]. Можна виділити наступні його етапи (рис. 2.7).

Математичне моделювання відповідності дорожніх умов вимогам сучасних транспортних потоків з безпеки руху дасть змогу сформулювати принципи відповідності та залежності швидкості руху від різних за інтенсивністю та складом транспортних потоків.

Під «моделлю» [84] слід розуміти представлення об’єкта, системи чи поняття в деякій абстрактній формі, що є зручною для наукового дослідження.

Рисунок 2.7 – Етапи виконання наукового дослідження

Однофакторні експерименти дозволяють досліджувати впив одного фактору на відгук моделі. Багатофакторні експерименти, в свою чергу, враховують

сумісний вив факторів на відгук моделі.

За допомогою регресійного аналізу можливо оцінити вплив кожного а факторів та зрозуміти який з факторів має найбільший вплив.

У результаті проведеного дослідження дороги М-06 Київ – Чоп (на м. Будапешт через міста Львів, Мукачево та Ужгород) та наступної обробки даних натурних спостережень кластерним аналізом було отримано три головні кластери, що мають найбільший вплив на безпечну швидкість руху. За допомогою методів кластерного аналізу було встановлено ієрархію впливу факторів на швидкість руху та безпеку транспортного процесу.

Отримані результати дають змогу, за допомогою математичного моделювання, встановити залежності швидкості руху від дорожніх умов.

Застосування математичного дає можливість встановити наявність функціональних зв’язків між різними факторами, що впливають на швидкість руху.

На підставі отриманих даних (табл. 2.2) стає можливим здійснити математичний опис залежності швидкості руху від параметрів транспортного потоку.

Встановлення взаємозв’язку між факторами, що вливають на швидкість руху можна встановити на основі статистичної обробки результатів натурних спостережень. Враховуючи те, що існує декілька видів залежностей (лінійна, степенева, логарифмічна, показникова, гіперболічна або експоненційна), якими можливо визначити цей взаємозв’язок, необхідно розглянути всі можливі варіанти. Обрати вид моделі можливо на підставі найменшої рівня кореляції та помилки апроксимації [26].

За допомогою Методу найменших квадратів графічне зображення експериментальних точок зміни швидкості руху залежно від повздовжнього похилу, рівності покриття, інтенсивності руху, кількості легкових автомобілів, кількості вантажних автомобілів та кількості автопоїздів наведено на рис. 2.8 - 2.13.

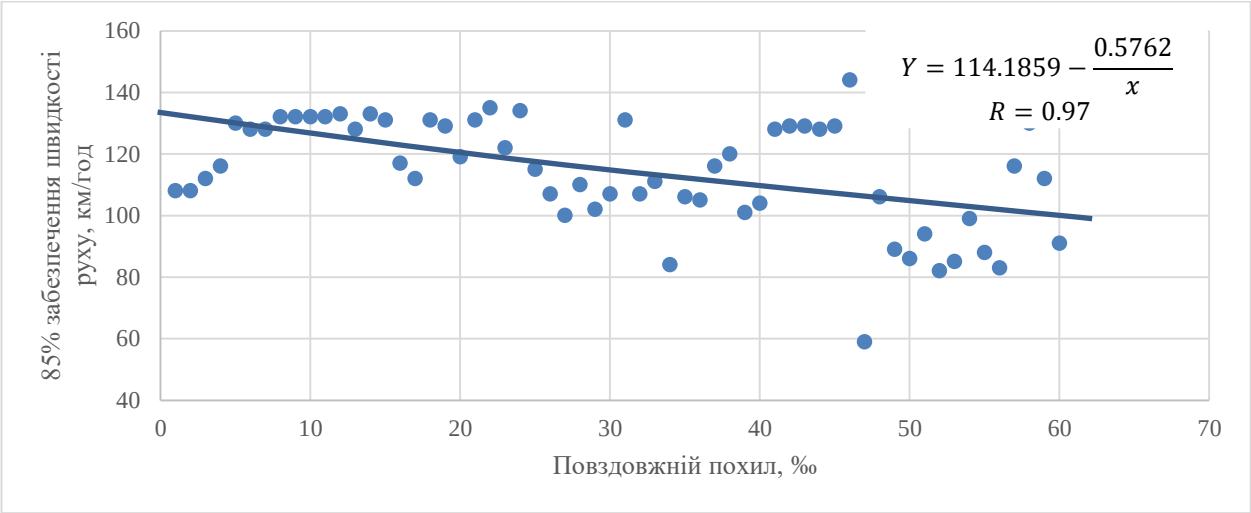


Рисунок 2.8 – Залежність швидкості руху від поздовжнього похилу

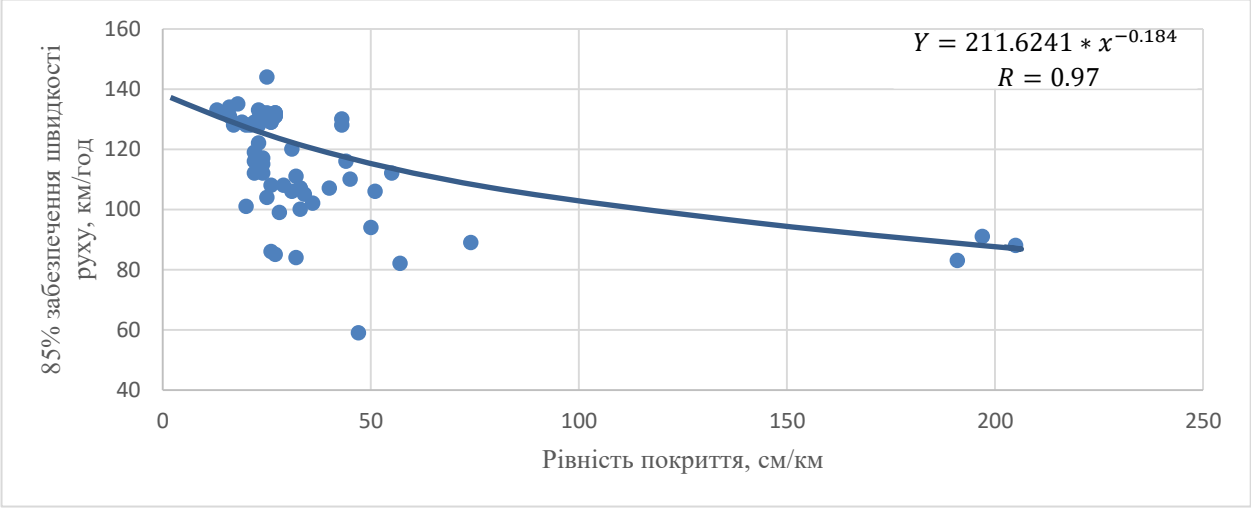


Рисунок 2.9 – Залежність швидкості руху від рівності покриття

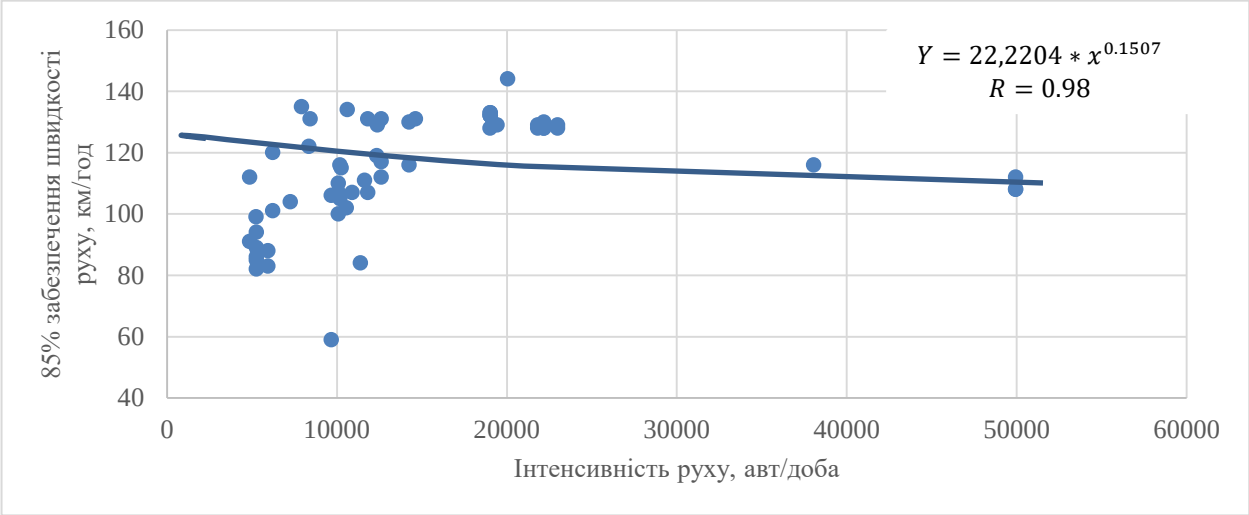


Рисунок 2.10 – Залежність швидкості руху від інтенсивності руху

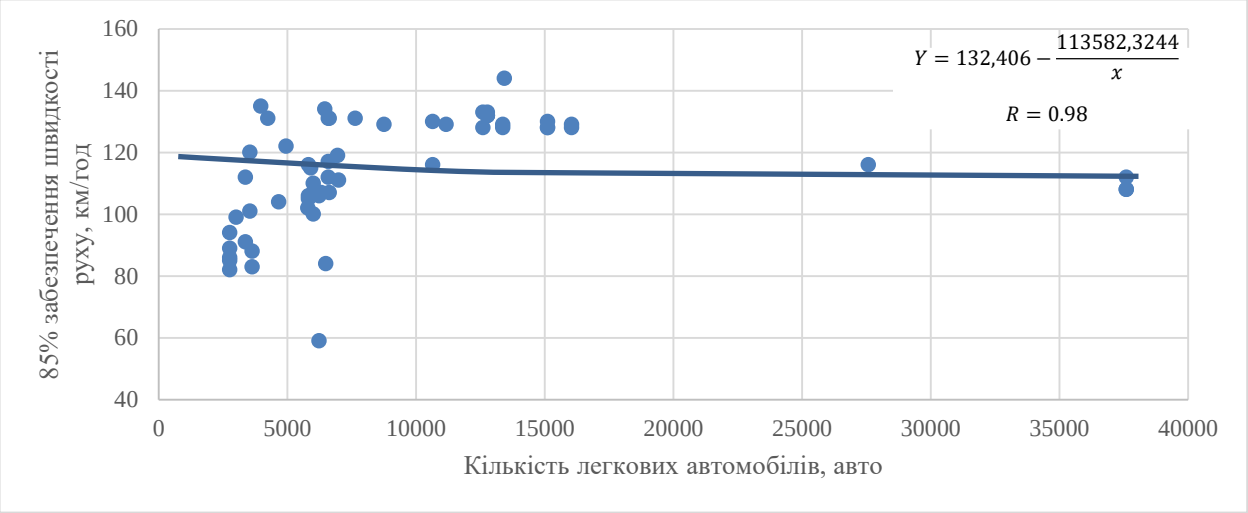


Рисунок 2.11 – Залежність швидкості руху від кількості легкових автомобілів

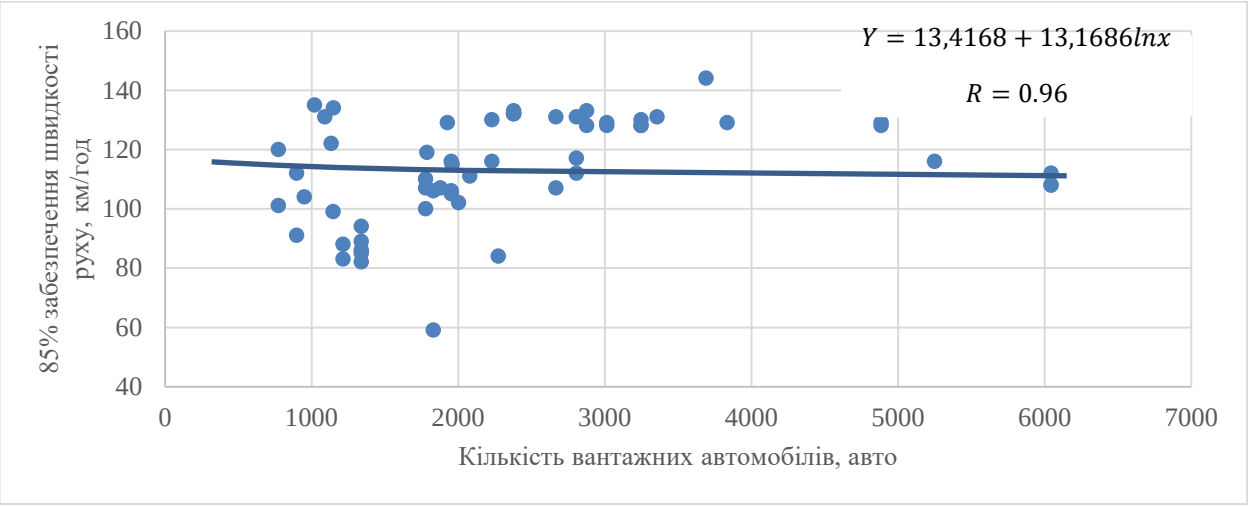


Рисунок 2.12 – Залежність швидкості руху від кількості вантажних автомобілів

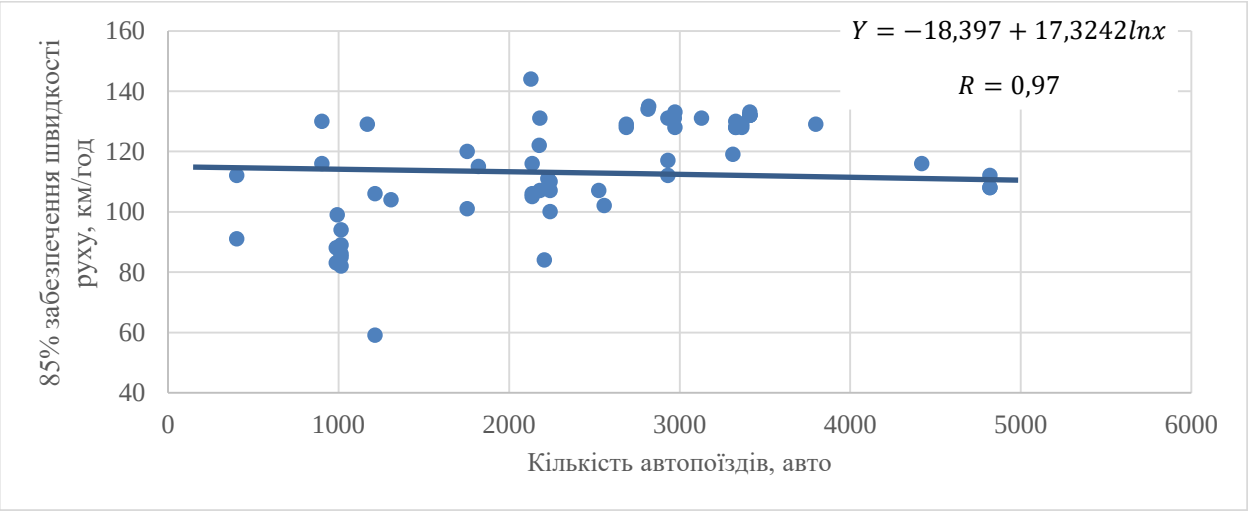


Рисунок 2.13 – Залежність швидкості руху від кількості автопоїздів

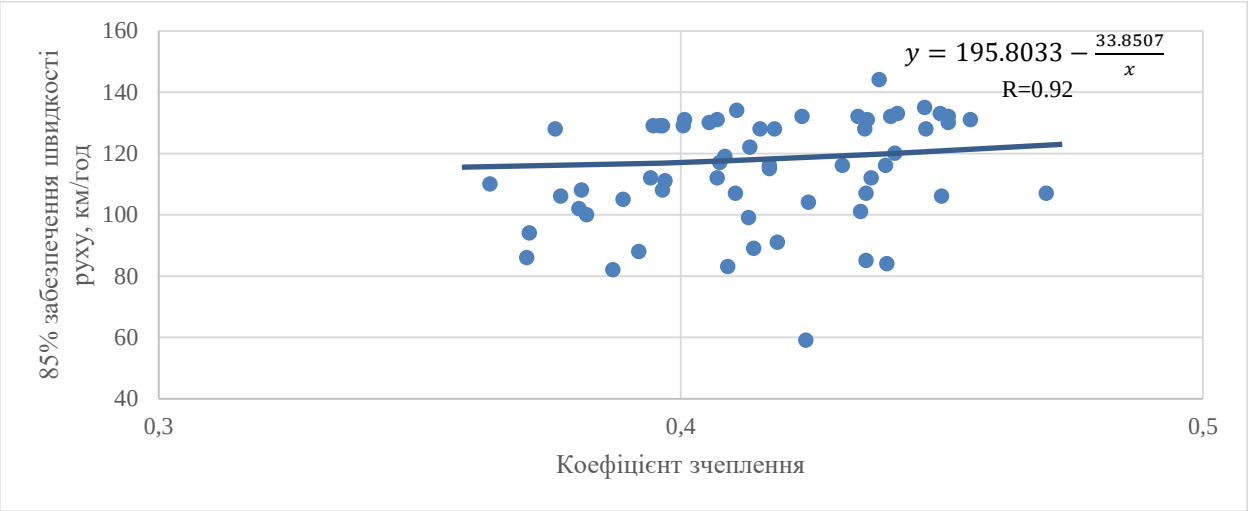


Рисунок 2.14 – Залежність швидкості руху від коефіцієнта зчеплення

Математичні залежності зміни швидкості руху від встановлених факторів наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Математичні залежності зміни швидкості руху

Назва фактору	Вид залежності	Рівень кореляції	Помилка апроксимації
Повздовжній похил	Гіперболічна $Y = 114{,}1859 - \frac{0.5762}{x}$	0,97	3,03%
Рівність покриття	Степенева $Y = 211{,}6241 \cdot x^{-0.184}$	0,97	2,85%
Інтенсивність руху	Степенева $Y = 22{,}2204 \cdot x^{0.1507}$	0,98	2,50%
Кількість легкових автомобілів	Гіперболічна $Y = 132{,}406 - \frac{113582{,}3244}{x}$	0,98	2,52%
Кількість вантажних автомобілів	Логарифмічна $Y = 13{,}4168 + 13{,}1686 lnx$	0,96	3,02%
Кількість автопоїздів	Логарифмічна $Y = -18{,}397 + 17{,}3242 lnx$	0,97	2,73%
Коефіцієнт зчеплення	Гіперболічна залежність $Y = 195{,}8033 - \frac{33.8507}{x}$	0,92	3,04

Визначені закономірності зміни швидкості руху від дорожніх умов дозволяють використовувати ці моделі в практичних розрахунках.

Також необхідно встановити сукупний лив визначених факторів на величину швидкості руху.

Принципи системного підходу та багатофакторного аналізу успішно

використовуються вченими [26, 63] при вивченні транспортного процесу. Використання багатофакторного аналізу в дані роботі є можливим через різноплановий характер впливу на величину швидкості руху деяких факторів.

Множинний регресійний аналіз допомагає знайти явний вигляд такої залежності та кількісно оцінити вплив різних факторів на досліджуваний процес [52].

Узагальнена багатофакторна лінійна регресійна модель може бути представлена у такому вигляді:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_p x_p + \varepsilon \,, \tag{2.5}$$

де y – залежна змінна;

$x_1, x_2, \ldots, x_p$ – незалежні змінні (або фактори);

$\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_p$ – невідомі параметри, які потрібно оцінити;

ε – випадкова величина.

Параметри $\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_p$ ще називають частковими коефіцієнтами регресії. Кожний з них вимірює вплив відповідної змінної за умови, що всі інші залишаються без змін, тобто дорівнюють константам. У нашому випадку модель має p незалежних змінних, або факторів, що впливають на залежну змінну y, та $(p + 1)$ параметрів, які потрібно оцінити.

На етапі планування експерименту для отримання лінійної багатофакторної моделі необхідно оцінити варіювання факторів на двох рівнях.

Формула для розрахунку кількості рівнів має наступний вигляд:

$$N = 2^k \,, \tag{2.6}$$

де N – кількість дослідів,

k – кількість факторів,

2 – кількість рівнів.

У загальному випадку експеримент, в якому реалізуються всі можливі поєднання рівнів факторів, називається повним факторний експериментом.

Використання наведеної методики дослідження дозволяє одержати інтерполяційні формули, що показують взаємодію факторів, що впливають на

швидкість руху.

Зобразимо модель у кодованому вигляді. Для визначення невідомих коефіцієнтів моделі будуємо план проведення експерименту (табл. 2.6).

Головною перевагою повного факторного експерименту є можливість розрахунку всіх коефіцієнтів полінома при всіх можливих взаємодіях факторів.

Таблиця 2.6 – План проведення повного факторного експерименту

Номер досліду	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y
1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	108
2	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	+1	108
3	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	112
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	116
5	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	130
6	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	128
7	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	128
8	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	132
9	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	132
10	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	132
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
50	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	86
51	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	94
52	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	82
53	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	85
54	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	-1	99
55	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	88
56	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	83
57	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	116
58	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	130
59	+1	-1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	112
60	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	91
61	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	132
62	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	107
63	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	143
64	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	127

Коефіцієнти рівняння визначаються за формулою [3]:

$$B_i = \frac{\sum_{n=1}^{N} x_{in} y_n}{N}, \tag{2.7}$$

де B_i – коефіцієнти рівняння регресії;

N – кількість дослідів;

x_{in} – кодовані значення факторів;

y_n – значення функції.

За результатами експерименту з використанням табл. 2.2 та формули (2.7.) розраховано значення коефіцієнтів багатофакторної моделі (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Значення коефіцієнтів багатофакторної регресії

Коефіцієнт	Значення
B_0	40,3762
B_1	0,09273
B_2	- 0,09436
B_3	0,01239
B_4	- 0,01341
B_5	- 0,01209
B_6	- 0,00268
B_7	139,1297

Математична модель залежності швидкості руху від дорожніх умов має наступний вигляд:

$$V_{\text{вільна}} = 40{,}3762 + 0{,}09273X_1 - 0{,}09436X_2 + 0{,}01239X_3 - 0{,}01341X_4 -$$

$$- 0{,}01209X_5 - 0{,}00268X_6 + 139{,}1297X_7, \qquad (2.8)$$

де $V_{\text{вільна}}$ – швидкість вільного руху;

X_1 – поздовжній похил;

X_2 – індекс рівності дороги;

X_3 – середньорічна добова інтенсивність руху;

X_4 – кількість легкових автомобілів у транспортному потоці;

X_5 – кількість вантажних автомобілів у транспортному потоці;

X_6 – кількість автопоїздів у транспортному потоці;

X_7 – коефіцієнт зчеплення.

Для даної моделі притаманні наступні статистичні характеристики: значення множинного коефіцієнта кореляції $R = 0{,}85$; значення помилки апроксимації $A = 9{,}89$ %.

Як показав аналіз отриманих статистичних характеристик багатофакторної моделі залежності швидкості руху, модель може використовуватися на практиці, оскільки має адекватний статистичний розподіл.

2.5 Обґрунтування показника невідповідності умов руху вимогам транспорту

З огляду на чинні підходи до встановлення обмежень руху, критерій «стабільності» режиму руху транспортного потоку певною ділянкою дороги може розглядатись як зміна середньої швидкості руху потоку в межах 20 км/год. Таким чином, межа між сусідніми ділянками, середні швидкості руху якими відрізняються щонайменше на 10 км/год, є межею між ділянками зі «стабільними» умовами руху і відповідно – потенційно небезпечною.

Зважаючи на багатофакторність залежності (1) швидкості руху транспортних потоків у конкретних умовах, метод прогнозування аварійно-небезпечних ділянок набуде наступного вигляду:

На першому етапі – визначають межі ділянок зі стабільними умовами руху за кожним з параметрів:

- склад транспортного потоку:

$$|V_{\text{вільна (i+1)}} - V_{\text{вільна (i)}}| > 10 \text{ км/год}, \tag{2.9}$$

- інтенсивність руху:

$$|V_{\text{i}}\, f(N_{\text{i+1}}) - V_{\text{i}}\, f(N_{\text{i}})| > 10 \text{ км/год}, \tag{2.10}$$

- категорія дороги та кількість смуг руху:

$$|V_{\text{i}}\, f(K_{\text{i+1}}) - V_{\text{i}}\, f(K_{\text{i}})| > 10 \text{ км/год}, \tag{2.11}$$

- ширина проїзної частини:

$$|V_{\text{i}}\, f(B_{\text{i+1}}) - V_{\text{i}}\, f(B_{\text{i}})| > 10 \text{ км/год}, \tag{2.12}$$

- величина поздовжнього похилу та його напрямок:

$$|V_{\text{i}}\, f(I_{\text{i+1}}) - V_{\text{i}}\, f(I_{\text{i}})| > 10 \text{ км/год}, \tag{2.13}$$

- наявність горизонтальних кривих певних радіусів:

$$|V_i\, f(R_{i+1}) - V_i\, f(R_i{=}\infty)| > 10 \text{ км/год } \textit{або } |V_i\, f(R_{i+1}) - V_i\, f(R_i)| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.14)$$

- наявність мостів:

$$|V_i\, f(\Gamma_{i+1}) - V_{\text{вільна (i)}}| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.15)$$

- рівність:

$$|V_i\, f(R_{i+1}) - V_i\, f(R_i)| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.16)$$

- шорсткість:

$$|V_i\, f(K_{\text{зч } i+1}) - V_i\, f(K_{\text{зч } i})| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.17)$$

- наявність ділянок з обмеженням швидкості руху, в зв'язку з незабезпеченою боковою видимістю на перехрестях з залізничними коліями та автомобільними дорогами в одному рівні:

$$|V_i\, f(\text{видимість перехрестя}) - V_{\text{вільна (i)}}| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.18)$$

- наявність ділянок з обмеженням швидкості руху, в зв'язку з незабезпеченою просторовою видимістю зустрічного автомобіля:

$$|V_i\, f(\text{пряма видимість}) - V_{\text{вільна (i)}}| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.19)$$

- наявність ділянок з обмеженням швидкості руху, в зв'язку з проходженням населеними пунктами:

$$|V_i\, f(\text{населений пункт}) - V_{\text{вільна (i)}}| > 10 \text{ км/год}, \quad (2.20)$$

- наявність ділянок з обмеженням швидкості руху, в зв'язку з підвищеною соціальною активністю:

$$|V_i\, f(\text{соціальна активність}) - V_{\text{вільна (i)}}| > 10 \text{ км/год}. \quad (2.21)$$

На другому етапі будують ранжируваний ряд значень меж усіх ділянок стабільних умов руху, розрахованих за окремими параметрами.

При цьому вважається, що найбільш несприятливою є мінімальна (з усіх розрахованих для даної ділянки) швидкість руху.

Проте зміна швидкості руху на 10 км/год не може розглядатись в якості адекватної оцінки ступеня небезпеки, оскільки він не розрізняє, наприклад, перепади у швидкості між 20 км/год і 30 км/год та між 120 км/год і 110 км/год.

Розроблено показник невідповідності, який ураховує як перепад швидкостей на суміжних ділянках, так і абсолютні значення швидкостей руху на цих суміжних ділянках:

$$\Pi_{\text{н}\, i+1} = (V_i - V_{i+1})\frac{V_i}{V_{i+1}}, \qquad (2.22)$$

де $П_{\text{н}\ i+1}$ – величина порівняльного показника невідповідності дорожніх умов на межі i-ї та (i+1)-ї ділянок.

Якщо $\Pi_{\text{н}\, i+1} < (V_i - V_{i+1})\frac{V_i}{V_{i+1}}$, то така межа між суміжними ділянками є безпечною.

Якщо $\Pi_{\text{н}\, i+1} > (V_i - V_{i+1})\frac{V_i}{V_{i+1}}$, то чим більша різниця між середніми швидкостями на суміжних ділянках і чим вищі абсолютні величини швидкостей – тим вища небезпека і тим більша величина порівняльного показника невідповідності.

Таким чином, *показник невідповідності* – це показник, який дозволяє оцінити відповідність умов руху вимогам транспорту на підставі величини перепаду швидкостей на суміжних ділянках автомобільної дороги або вулиці з урахуванням абсолютних значень швидкостей руху на цих суміжних ділянках.

У подальшому, ранжируваний ряд значень $П_{\text{н}\ i+1}$ дозволить встановити пріоритетність приведення дорожніх умов у відповідність до вимог сучасних транспортних потоків, а причина, що зумовлює найнижчу (для даної ділянки) швидкість руху дозволить окреслити комплекс заходів, необхідних для її усунення.

2.6 Обґрунтування просторової видимості на ділянці автомобільної дороги

На сьогоднішній день питання безпеки дорожнього руху є актуальним через постійне зростання інтенсивності транспортних потоків на мережі автомобільних доріг. Однією з найбільш важливих умов безпеки дорожнього руху є достатня просторова видимість для водіїв. Критерій забезпеченої просторової видимості є ключовим транспортно-експлуатаційним показником автомобільної дороги.

До однієї з головних психофізіологічних властивостей водія вчені [11, 15, 69] відносять сприйняття просторової видимості водієм. Встановлено, що у процесі руху, водій до 85 % інформації сприймає а допомогою зору. До цієї інформації можна віднести зміни у дорожньому просторі та характеристики руху автомобіля. Вивчення процесу сприйняття водієм інформації та аналіз процесів її переробки є складовою психічної діяльності людини, так як полягає в пропускній здатності зорової та центральної нервової системи людини, кодування, перекодування і декодування інформації [56].

Просторова видимість – максимальна відстань, на якій з місця водія можна чітко розпізнати межі елементів дороги та розміщення учасників руху, що дає змогу водієві орієнтуватися під час керування транспортним засобом, зокрема для вибору безпечної швидкості та здійснення безпечного маневру.

Проведений аналіз літературних джерел визначив, що проблема людського фактору в забезпеченні безпеки руху полягає в необхідності з'ясування механізмів і кількісних характеристик сприйняття й переробки водієм інформації про дорожню обстановку, установлення впливу на продуктивність і надійність діяльності водія у дорожніх умовах. Підвищення безпеки дорожнього руху є комплексним завданням, головною метою якого є чітке функціонування всіх складових системи ВАДСІ.

Складність визначення просторової видимості дорожніх об’єктів пояснюється тим, що при визначенні такого поняття як видимість, необхідно враховувати і пов’язувати між собою параметри, які характеризують: об’єкт

розрізнення (кутовий розмір, коефіцієнт відбиття світла), світлотехнічні параметри світлового приладу (силу світла, кути розсіювання), рівень зорового сприйняття водія (контраст об’єкта розрізнення з фоном, яскравість адаптації, нерівномірність розподілення яскравості в полі зору), засліплюючу дію джерел світла (яскравість вуалізуючої завіси чи коефіцієнт засліпленості).

Процес зорового сприйняття людиною об'єктів зовнішньої обстановки заснований на надходженні через сітківку ока інформації в зорову систему, порушенні нервових кліток у зоровій області кори більших півкуль мозку й формуванні образів об'єктів [11].

У процесі руху водієві доводиться зосереджувати свою увагу на різних відстанях по глибині: для огляду стану покриття проїжджої частини, оцінки наявності та виду бічних перешкод, розташування попутних і зустрічних автомобілів і для визначення напрямку дороги. Надійність роботи водія при цьому залежить від точності зорової оцінки відстаней (рис. 2.15). У плані підвищення надійності роботи водія при дослідженні процесу сприйняття глибини простору представляють інтерес два питання: яка відстань до об'єктів, що мають вплив на безпеку руху, при якій водій ще може отримувати про них зорову інформацію, і яка точність оцінки ним відстаней до цих об'єктів [56].

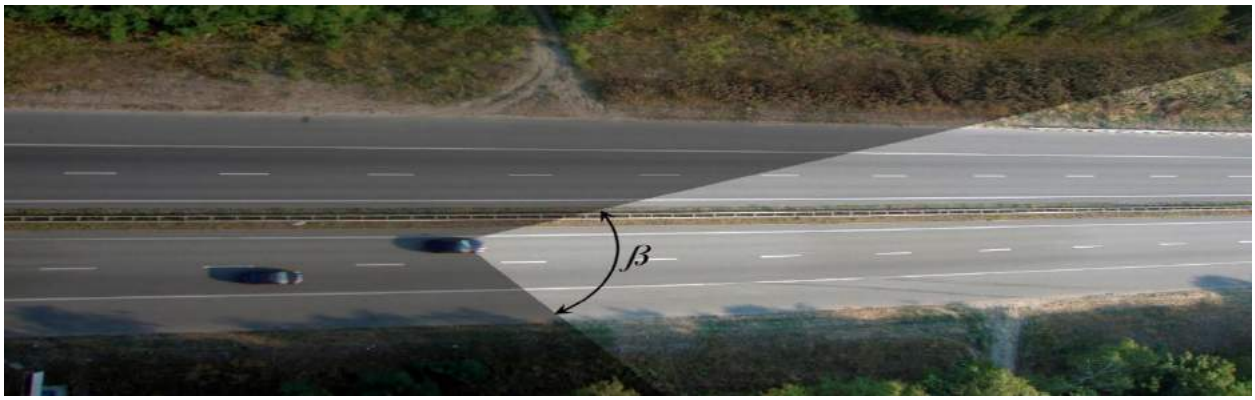
Рисунок 2.15 – Схематичне відображення поля концентрації зору водія зі зміною швидкості руху

Примітка. Затінення показано умовно, щоб окреслити межі зон сконцентрованого та периферійного зору

Зустрічні і попутні автомобілі займають 40-60 % часу уваги водія. Друге місце за тривалістю зосередження уваги займає оцінка дорожньо-транспортної ситуації перед автомобілем. Третє місце - орієнтування на проїжджій частині. Частка часу, займана цією операцією, залежить від плану траси і інтенсивності руху. На прямих в плані при малої інтенсивності руху (50 авт/год і менше) на орієнтування йде менше 5 % часу, а при високій (200 авт/год і більше) – до 20 %; на кривих в плані в залежності від радіуса кривої – від 15 % до 25 % [43].

Поле зору водія в горизонтальному і вертикальному напрямках (рис. 2.16) залежить від далекості фокуса кришталика ока. Поле зору обох очей по горизонталі складає приблизно 160º, по вертикалі – біля 115º . Через зміну і різницю типів клітинок на сітківці зменшується здатність ока бачити деталі саме в полі зору.

а)



б)

a – вертикальний кут огляду; *β* – горизонтальний кут огляду

Рисунок 2.16 – Схематичне відображення вертикального (а) та горизонтального (б) поля зору водія

Примітка. Затінення показано умовно, щоб окреслити межу поля зору

Структура моделі просторової видимості містить у собі наступні основні блоки: зоровий аналізатор – визначення положення в просторі зони уваги й наступна обробка інформації; розпізнавання об'єктів – зіставлення структурних ознак спостережуваних об'єктів, при цьому під об'єктом приймається вся сукупність дорожньої обстановки при русі автомобіля; ухвалення рішення про факт видимості об'єктів, які розташовані в спостережуваному просторі; зорове сприйняття; пам'ять зорових образів.

У дисертаційній роботі пропонується просторову видимість описати наступним чином:

$$\begin{cases} \Phi(x, y, z) = 0 \\ \dfrac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \dfrac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \dfrac{z - (z_1 + 1{,}2)}{(z_2 + 1{,}2) - (z_1 + 1{,}2)} \end{cases}. \qquad (2.22)$$

Перше рівняння системи описує поперечний профіль, який перевіряється на наявність перешкод зору – у загальному, з точки зору водія до перешкоди чи зустрічного автомобіля, які водієві треба побачити.

Друге рівняння системи – це рівняння прямої, що проходить через дві точки в просторі.

Тобто, промінь зору водія, що знаходиться в точці з координатами x_1, y_1, z_1 і повинен бачити зустрічний автомобіль у точці з координатами x_2, y_2, z_2 перетинається з «денною поверхнею» (поперечним профілем) у точці з координатами x, y, z.

Якщо відстань між сусідніми поперечними профілями земляного полотна незначна, можливою є послідовна перевірка кожного поперечного перерізу: якщо проекція променя зору водія на площину поперечного перерізу знаходиться нижче лінії «денної поверхні», то видимість не забезпечена.

Однією з важливих характеристик автомобільної дороги є видимість поверхні дороги. При цьому величина видимості визначається сумою відрізка

шляху, пройденого автомобілем, за час реакції водія до шляху гальмування. Час реакції приймається рівним 1,0 с. Час реакції включає процес прийому і обробки інформації, визначення характеру необхідних дій, тому потрібно, щоб відстань видимості перешкод на дорозі забезпечувала можливість усвідомлених дій водія з управління автомобілем.

На сьогодні існують методи, які дають змогу оцінити лише видимість в плані або в повздовжньому профілі, однак цього не завжди достатньо. Ці методи не враховують складних ділянок на мережі автомобільних доріг, де необхідно одночасно враховувати вертикальні і горизонтальні елементи. Саме просторова видимість об’єднує в собі видимість в плані та профілі одночасно.

Оцінка просторової видимості повинна виконуватися на різних етапах життєвого циклу дороги (проектуванні нового будівництва, експлуатації, реконструкції).

При оцінці просторової видимості необхідно порівнювати безпечну та фактичну відстань видимості і по мірі необхідності приймати рішення про зміну схем організації дорожнього руху.

Планувальними рішеннями можна змусити водія до мимовільного зниження швидкості автомобіля навіть в тому випадку, якщо небезпека водієві не загрожує. Це досягають психофізіологічних впливом на водія по міжелементних зв'язків дорога – автомобіль – водій.

Безпека руху транспортних засобів залежить від того, наскільки при формуванні дорожніх умов вдається врахувати об'єктивно, що змінює динаміку, працездатність водія протягом дня й психофізіологічні особливості сприйняття їм дорожніх умов у кожній з фаз працездатності.

Отже, важливим питання є встановлення залежностей забезпечення просторової видимості транспортних засобів від дорожніх умов, що дасть змогу, в подальшому, визначати ділянки дороги з незабезпеченою просторовою видимістю на мережі автомобільних доріг для підвищення безпеки дорожнього руху (питання буде більш детально розглянуто в третьому розділі).

Висновки до розділу 2

1. Встановлено теоретичні передумови підвищення безпеки дорожнього руху та сформульовано підхід до визначення основних принципів відповідності умов руху вимогам транспортного потоку.

2. Аналіз підходів до моделювання транспортних потоків виявив наступні особливості, що полягають в необхідності врахування чотирьох рівнів, а саме:

– фундаментальний рівень моделювання;
– мікроскопічний рівень моделювання;
– макроскопічний рівень моделювання;
– мезоскопічний рівень моделювання.

3. Визначено, що швидкість руху як окремих транспортних засобів, так і транспортного потоку за певний період часу та на певній ділянці автомобільної дороги є основним показником функціонування системи ВАДСІ. Проведення натурних спостережень на автомобільній дорозі М-06 Київ – Чоп дало змогу сформувати масив даних для подальшої оцінки впливу визначених факторів на швидкість руху.

4. На основі зібраної інформації про умови руху та проведеної обробки даних методами кластерного аналізу було встановлено ієрархію факторів, що мають найбільший вплив на швидкість руху.

5. У результаті обробки результатів обстеження було встановлено головні фактори, які впливають на швидкість руху. Взаємозв’язок між факторами, що впливають на величину швидкості руху може бути встановлено на основі статистичної обробки результатів обстеження. Отримані закономірності зміни швидкості руху від розглянутих факторів дозволяють використати ці моделі в практичних розрахунках та перейти до встановлення сукупного впливу визначних факторів на величину швидкості руху.

Аналіз отриманих статистичних характеристик багатофакторної моделі показав, що дана модель адекватно описує транспортний процес і може використовуватися на практиці.

6. Для забезпечення гнучкості та своєчасності прийняття рішень із забезпечення безпеки руху, а саме, превентивного встановлення аварійно-небезпечних ділянок, у дисертаційній роботі встановлено і пропонується використовувати для пошуку потенційно аварійних місць алгоритми, що базуються на використанні показника невідповідності. Такий підхід дозволятиме максимально ефективно використовувати наявні дані про мережу автомобільних доріг України та транспортні потоки на ній.

7. Запропоновано основи методу розрахунку просторової видимості на ділянці автомобільній дорозі.

Результати досліджень другого розділу викладено у наступних публікаціях [5, 8, 9, 45, 95].

РОЗДІЛ 3
МОДЕЛЮВАННЯ ТА НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В РІЗНИХ ДОРОЖНІХ УМОВАХ

3.1 Використання технології Великих даних для прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг

Загибель та травмування учасників дорожнього руху є однією з найбільших проблем, яка негативно впливає на розвиток суспільства та соціально-економічний прогрес. Найбільш гостро ця проблема постає в містах з населенням понад 1 млн жителів, тому що кількість транспортних засобів в таких містах дуже велика. ДТП займають перші позиції за кількістю смертей у світі серед інших аварій чи подій у світі.

Ціна людського життя занадто велика, щоб нехтувати найменшою можливістю його зберегти. Саме тому для зниження наслідків ДТП на автомобільних дорогах України постійно посилюється контроль за дотриманням правил дорожнього руху, удосконалюється нормативно-правова база, наприклад, стосовно вимог до безпечної експлуатації транспортних засобів, а також впроваджують системи моніторингу та контролю транспортних потоків. Підвищення надійності системи ВАДСІ можливе за рахунок зниження кількості ДТП та зменшення тяжкості їх наслідків.

Для вирішення задач прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій та виявлення аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг досить ефективно можуть бути використані технології Великих даних (Big data) - величезних масивів інформації, які генерує сучасне суспільство. Стосовно автомобільних доріг та вулиць, Великі дані означають масиви інформації про мережу автомобільних доріг та вулиць, застосовані на них проектні рішення, експлуатаційний стан, умови руху, взаємодію пішохідних та транспортних потоків тощо.

Як було встановлено у розділах 1 – 2, основним показником, який характеризує вплив дорожніх умов, технічного стану автомобіля та психо-

фізіологічних факторів на водія, є швидкість руху як окремих транспортних засобів, так і транспортних потоків за певний період часу та на окремій ділянці автомобільної дороги.

Як було наголошено в [5], швидкості руху з високим ступенем достовірності можуть бути встановлені за допомогою Великих даних у вигляді, придатному для машинної обробки.

З точки зору безпеки дорожнього руху, для системного вивчення, найбільшу важливість мають фактори, що мають найбільший вплив на швидкість руху.

Аналіз джерел походження (табл. 3.1) показує, що єдиного глобального джерела Великих даних про умови руху та транспортні потоки не існує і, очевидно, не може існувати. Більше того, для отримання цілісного уявлення про взаємодію всіх супутніх факторів та їх вплив на виникнення аварійних ситуацій виникає потреба в пошукові або розробленні механізмів консолідації накопичених даних. Це робиться для того, щоб вони стали якомога придатнішими для прийняття керівних рішень з підвищення безпеки руху.

Таблиця 3.1 – Великі дані про дороги, умови руху та аварійність

Джерело \ Великі дані	Геометричні параметри доріг	Інженерне облаштування доріг	Стан покриття	Обмеження руху	Погодні умови	Інтенсивність руху	Склад транспортного потоку	Швидкість руху	Щільність руху	Аварійність
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Власники автомобільних доріг	●	●	●	⭘	⊙	⭘	⭘	⭘		⊙
Автоматичні лічильники руху						⭘	⭘	⭘	⭘	
Системи зважування в русі					⭘	⭘	⭘	⭘	⭘	
Системи стягнення плати за проїзд						⭘	⭘	⭘		
Системи відеоспостереження						⭘	⭘	⭘		

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Правоохоронні органи								⊙		
Оператори мобільного зв’язку						●	⭘	●	⭘	
Картографічні та навігаційні системи		⭘		●	⭘	●		●		⭘
Окремі учасники дорожнього руху		⊙	⊙	⊙	⊙			⊙		⊙
Метеорологічні служби					●					
Дорожні метеостанції					⭘					
Лікувальні заклади										⭘
Страхові компанії										⭘

Умовні позначення:

● – глобальні дані – дані, зібрані з усієї мережі автомобільних доріг;

⭘ – часткові дані – дані, зібрані з окремої дороги або для обмеженого кола випадків;

⊙ – фрагментарні дані – дані, зібрані про окрему особу або групу осіб, або дані, отримання яких залежить від бажання окремої особи ними поділитись

– відсутні дані

Великі дані не просто є джерелом інформації, вони дають можливість проаналізувати умови руху та поведінку учасників дорожнього руху, в тому числі і для того, щоб краще зрозуміти взаємодію факторів виникнення ДТП, відслідкувати тренди, оцінити ризики та зробити прогнози. Великі дані можуть бути використані для актуалізації чинних підходів до визначення місць концентрації ДТП та чинних методів оцінки впливу дорожніх умов на безпеку дорожнього руху.

Як наведено в [83], дані, в тому числі і Великі дані, про автомобільні дороги повинні бути зрозумілі, актуальні, комплексні, об’єктивні та достовірні.

Зрозумілість даних означає, що такі дані є звичними для фахівців дорожнього господарства величинами (параметрами), що характеризують об’єкти та явища.

Актуальність даних означає, що вони не змінилися від моменту збирання до моменту використання і вчасно надані користувачу.

Комплексність даних означає, що їх кількість є необхідною та достатньою для однозначного опису як об’єкту або явища, так і стану автомобільної дороги в цілому.

Об’єктивність даних означає, що вони були зібрані за допомогою повірених (сертифікованих) приладів, підтверджені фото або відеоматеріалами або розраховані за допомогою методик (програм), затверджених в установленому порядку, і можуть бути трактовані однозначно.

Достовірність даних означає, що існують інші (наприклад, зібрані в інший спосіб) дані, які прямо або посередньо їх підтверджують.

Таким чином, аналізуючи систему ВАДСІ, можна виділити наступні ключові аспекти для прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг:

- підвищення безпеки поведінки учасників дорожнього руху з використанням Великих даних про швидкості руху;
- підвищення безпеки дорожньої інфраструктури, використовуючи Великі дані про параметри доріг;
- прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг з використанням технологій Великих даних
- раціональну організацію транспортного потоку за допомогою технології Великих даних про розподіл транспортних засобів смугами руху;
- підвищення безпеки транспортних засобів з урахування Великих даних про геометричні параметри транспортних засобів .

Враховуючи той факт, що Великі дані часто збираються не маючи на меті задоволення потреб фахівців дорожнього господарства, для їх використання необхідно здійснити додаткові дії з перетворення та адаптації.

Крім того, важливою є перевірка достовірності Великих Даних на підставі вже відомих фактів та даних або інших Великих Даних.

Оскільки система ВАДСІ має динамічний характер функціонування в умовах

реального дорожнього руху та сучасної транспортної інфраструктури, прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг вимагає моніторингу та обробки великих масивів даних в умовах реального часу, що стає можливим з використанням інформаційних технологій Великих даних.

3.2 Встановлення підходів до визначення швидкості руху транспортних потоків на ділянках з різними дорожніми умовами

З асиметричного графа (рис. 2.3) встановлено, що безпечна швидкість руху транспортного потоку визначається як мінімальна з величин швидкостей, що зумовлюються наступними факторами: категорією дороги, параметрами дороги в плані, параметрами дороги в поздовжньому профілі, рівністю покриття, інтенсивністю руху, складом транспортного потоку тощо.

Для розрахунку безпечних швидкостей руху скористаємось наступними залежностями, частина з яких отримана науковцями Національного транспортного університету [27, 57], а решта уточнена та актуалізована в межах виконання дисертаційного дослідження [39, 59].

Під час досліджень були відзначені наступні тенденції:

- збільшення значень вільних швидкостей руху всіх типів транспортних засобів, окрім автобусів. Найбільш значуще підвищилися швидкості руху автопоїздів;
- збільшення середньої швидкості руху транспортних потоків при збільшенні інтенсивності руху;
- зниження інтенсивності реагування учасників руху на повздовжні похили.

Загалом, наведені тенденції вказують на якісні зміни – підвищення динамічних характеристик транспортних засобів.

3.2.1 Вільні умови руху на прямій, горизонтальній ділянці з рівністю не нижче нормативної

Величина середньої вільної швидкості руху транспортного потоку конкретного складу визначається за формулою [39, 59]:

$$V_{\text{вільна}} = \frac{V_{\text{л}} \cdot C_{\text{л}} + V_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} + V_{\text{а}} \cdot C_{\text{а}} + V_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}}}{C_{\text{л}} + C_{\text{в}} + C_{\text{а}} + C_{\text{п}}}, \quad (3.1)$$

де $V_{\text{вільна}}$ – вільна швидкість транспортного потоку конкретного складу, км/год;

$V_{\text{л}}$, $V_{\text{в}}$, $V_{\text{а}}$, $V_{\text{п}}$ – вільна швидкість руху, відповідно, легкових автомобілів, вантажних автомобілів, автобусів, автопоїздів (табл. 3.2), км/год:

$C_{\text{л}}$, $C_{\text{в}}$, $C_{\text{а}}$, $C_{\text{п}}$ – частка, відповідно, легкових автомобілів, вантажних автомобілів, автобусів, автопоїздів в конкретному транспортному потоці.

Таблиця 3.2 – Середня швидкість вільного руху транспортних засобів

Категорія дороги	Середня швидкість вільного руху різних типів автомобілів, км/год			
	легкові	вантажні	автобуси	автопоїзди
Іа	150	100	100	100
Іб	130	90	90	90
II	107	75	90	90
III	90	75	80	80
IV	82	62	63	58

3.2.2 Умови руху на ділянці горизонтальної кривої

Середня швидкість руху, в залежності від категорії дороги та радіусу горизонтальної кривої визначається за формулою [39, 59]:

$$V_{\text{г.к.}} = 12{,}5 \cdot R^{a}, \quad (3.2)$$

де $V_{\text{г.к.}}$ – величина середньої швидкості руху по горизонтальній кривій, км/год;

R – величина радіуса горизонтальної кривої, якщо вона менше за суттєву величину радіусу для даної категорії (табл. 3.3), м;

a – параметр залежності радіуса горизонтальної кривої від категорії дороги (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Параметри залежності радіуса від категорії дороги

Категорія дороги	Суттєвий радіус горизонтальної кривої, м	а
Іа	5 000	0,265
Іб	5 000	0,288
II	1 000	0,288
III	600	0,296
IV	600	0,296

Якщо величина радіуса кривої на ділянці менша за величину суттєвого радіуса для даної категорії, то ділянка вважається прямою, а величина безпечної швидкості руху вважається рівною $V_{вільна}$.

3.2.3 Умови руху на ділянці з подовжнім похилом

Умови руху на підйомі

Середня швидкість руху на підйомі, незалежно від категорії дороги визначається за формулою [39, 59]:

$$V_{підйом} = V_{вільна} \cdot \frac{0{,}02^{\left(25/V_{вільна}\right)}}{i^{\left(25/V_{вільна}\right)}}, \quad (3.3)$$

де $V_{підйом}$ – середня швидкість руху на підйомі, км/год;

i – подовжній похил, ‰.

Суттєвими похилами на підйомі, що впливають на режим руху транспортного потоку є похили більш ніж 20 ‰. Якщо i < 20 ‰, то величина безпечної швидкості руху вважається рівною $V_{вільна}$.

Умови руху на спускові

Середня швидкість руху на спуску, незалежно від категорії дороги визначається за формулою [39, 59]:

$$V_{\text{спуск}} = V_{\text{вільна}} \cdot \frac{0{,}036^{\left(70/V_{\text{вільна}}\right)}}{i^{\left(70/V_{\text{вільна}}\right)}}, \quad (3.4)$$

де $V_{\text{спуск}}$ – середня швидкість руху на спуску, км/год.

i – подовжній похил, ‰.

Суттєвими похилами на спуску, що впливають на режим руху транспортного потоку є похили більш ніж 50 ‰. Якщо i < 50 ‰, то величина безпечної швидкості руху вважається рівною $V_{\text{вільна}}$.

3.2.4 Умови руху на ділянці з незадовільною рівністю

Середня швидкість руху на ділянці з незадовільною рівністю, незалежно від категорії дороги визначається за формулою:

$$V_{\text{рівн}} = V_{\text{вільна}} \cdot \frac{50^{\left(25/V_{\text{вільна}}\right)}}{\left(13{,}457 \cdot IRI^{2{,}0469}\right)^{\left(25/V_{\text{вільна}}\right)}}, \quad (3.5)$$

де $V_{\text{рівн}}$ – середня швидкість руху на ділянці з незабезпеченою рівністю, км/год;

IRI – міжнародний індекс рівності, м/км.

Суттєвою величиною, що впливає на режим руху транспортного потоку є рівність, якщо індекс рівності перевищує 3,02 м/км. Якщо *IRI* < 3,02 м/км, то величина безпечної швидкості руху вважається рівною $V_{\text{вільна}}$.

3.2.5 Умови руху на ділянці, що проходить по мосту / шляхопроводу

Згідно чинних нормативних документів [20] середня швидкість руху визначається в залежності від габариту проїзної частини мосту за формулою [39, 59]:

$$V_{\text{мосту}} = V_{\text{вільна}} \cdot \frac{\Gamma_{\text{існуючий}}}{\Gamma_{\text{нормативний}}}, \quad (3.6)$$

де $\Gamma_{\text{існуючий}}$ – існуюча ширина проїзної частини мосту, м

$\Gamma_{\text{нормативний}}$ – нормативний габарит проїзної частини моста (табл. 3.4), м.

Таблиця 3.4 – Нормативні габарити проїзної частини моста

Категорія дороги	Нормативний габарит, м
II	11,50
III	10,00
IV	8,00

Якщо $\frac{Г_{існуючий}}{Г_{нормативний}} < 0{,}5$, то рекомендується влаштовувати односторонній маятниковий рух транспорту. При цьому $V_{моста} = 30$ км/год.

3.2.6 Вплив інтенсивності руху на швидкість руху

Наведена нижче залежність швидкості руху від інтенсивності руху транспортного потоку конкретного складу є результатом уточнення класичної залежності щільності, інтенсивності та швидкості руху транспортного потоку [22, 85, 86]. Це уточнення було визначено в межах інтенсивності руху від $N = 0$ до $N = N_{максимальної\ продуктивності}$ за формулою [39, 59]:

$$V_N = \frac{C - \frac{N}{q_{max}}}{0{,}09}, \tag{3.7}$$

де V_N – швидкість руху, в залежності від інтенсивності руху, км/год;

C – параметр, що залежить від категорії дороги (табл. 3.5)

Таблиця 3.5 – Параметри залежності інтенсивності руху від категорії дороги

Категорія дороги	Величина параметра С	Категорія дороги	Величина параметра С
Іа	13,47	III	8,10
Іб	12,15	IV	7,39
II	9,05		

N – середньодобова інтенсивність руху в одному напрямі по одній смузі, авт/год;

q_{max} – максимальна щільність транспортного потоку авт/км, що визначається за формулою [39, 59]:

$$q_{max} = \frac{1000}{1+L_{ср}}, \tag{3.8}$$

де $L_{ср.}$ – середня довжина транспортного засобу, уточнена з використанням даних системи WIM (п. 3.7), м.

$$L_{\text{ср}} = 3{,}6 \cdot C_{\text{л}} + 6{,}2 \cdot C_{\text{в}} + 11{,}9 \cdot C_{\text{а}} + 14{,}4 \cdot C_{\text{п}}, \quad (3.9)$$

де $C_{\text{л}}$, $C_{\text{в}}$, $C_{\text{а}}$, $C_{\text{п}}$ – склад транспортного потоку, в частках від одиниці, легкових, вантажних, автобусів, автопоїздів, відповідно.

3.2.7 Умови руху ділянками дороги, що проходять в межах населеного пункту

Якщо транспортний потік інтенсивністю N в конкретних дорожніх умовах (3.2.2 – 3.2.6) може рухатись зі швидкістю понад 50 км/год – $A\{V_{\text{г.к. I}}, V_{\text{підйом I}}, V_{\text{рівн. I}}\} > 50$ км/год – то вважається, що величина середньої швидкості руху в межах населеного пункту становить $V_{\text{I}} = 50$ км/год.

Якщо хоча б один з елементів дорожніх умов обумовлює швидкість руху нижче, ніж 50 км/год, то величина середньої швидкості руху в межах населеного пункту дорівнює мінімальній з величин швидкостей руху, розрахованих за формулами 3.1 – 3.9.

3.2.8 Умови руху на ділянках дороги з підвищеною соціальною активністю

До таких ділянок слід віднести ділянки автомобільних доріг, вздовж яких утворилися стихійні (або не облаштовані відповідними технічними засобами організації дорожнього руху) базари або скупчення торгових точок. Безпечна швидкість руху по вказаних ділянках $V_{\text{с.а.}}$ має визначатися в результаті натурних обстежень.

3.2.9 Умови руху на ділянках дороги з незабезпеченою просторовою видимістю

Для подальшої оцінки відповідності існуючих дорожніх умов вимогам транспортних потоків для забезпечення безпеки руху, на ділянках з незабезпеченою просторовою видимістю зустрічних транспортних засобів, або

тих транспортних засобів, які мають перетинати дорогу в одному рівні, - має бути забезпечена безпечна швидкість. Такою швидкістю є та, що задовольняє умови своєчасного гальмування та запобігання ДТП.

3.3 Натурні дослідження швидкості руху та створення бази актуальних даних з використанням Великих даних

Швидкість руху є важливим параметром для моделювання транспортного потоку на мікроскопічному рівні. Швидкість руху є визначальною як під час проектування елементів автомобільної дороги, так і для оцінювання транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги.

Всі вітчизняні нормативні документи (табл. 2.3) оперують переважно поняттями «розрахункова» та «проектна» швидкості руху, які означають швидкість окремого легкового автомобіля для дороги певної категорії в практично ідеальних умовах, по суті, граничну безпечну швидкість із забезпеченням стійкості автомобіля на сухому або зволоженому чистому покритті та достатньої відстані видимості [78], але жоден нормативний документ не враховує реальні динамічні можливості сучасних транспортних засобів.

Нормативами багатьох країн при проектуванні дороги для оцінки відповідності її якості сучасним вимогам рекомендовано використовувати не максимально можливу швидкість, а швидкість 85-відсоткової забезпеченості [78].

Крім того, в окремих випадках під час моделювання транспортних потоків використовують середню швидкість руху (п. 5 та 6 табл. 2.1), а постачальники навігаційних систем надають дані про середню гармонійну швидкість руху та швидкість із забезпеченням від 5 до 95 відсотків [5].

Вимірювання швидкості вільного руху, здійснені у 2016 році в рамках дисертаційного дослідження разом із фахівцями ДП «ДерждорНДІ» [39], частково підтвердили теоретичні та практичні засади, наведені в [27, 57] (табл. 3.6 – 3.9).

Таблиця 3.6 – Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги М-07 (ІІ категорія)

Умови руху	Середня розрахункова/фактична швидкість різних типів транспортних засобів, км/год			
	легкові	вантажні	автобуси	автопоїзди
вільний рух	107/99	75/86	90/85	90/82
підйом 3%	97/106	66/78	80/83	80/89
спуск 3%	121/103	89/73	104/66	104/85
крива R = 1025 м	92/88	92/75	92/-	92/90
Міст через р. Здвиж Г = 10,5 м	98/89	68/70	82/102	82/64
Міст через р. Ірша Г = 10,2 м	95/88	67/86	80/-	80/88
с. Микуличі (щільна забудова)	60/69	60/59	60/57	60/72
с. Волиця (віддалена забудова)	60/91	60/80	60/96	60/71
Примітка. На момент проведення вимірювань, максимальне обмеження швидкості в межах населеного пункту становило 60 км/год				

Таблиця 3.7 – Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги Р-04 (ІІІ категорія)

Умови руху	Середня розрахункова/фактична швидкість різних типів транспортних засобів, км/год			
	легкові	вантажні	автобуси	автопоїзди
вільний рух	90/75	75/-	80/-	80/-
підйом 5%	70/78	55/63	60/-	60/-
спуск 5%	70/96	55/88	60/-	60/-
крива R = 260 м	65/81	65/69	65/-	65/69
крива R = 380 м	73/82	73/67	73/-	73/63
крива R = 390 м	73/85	73/73	73/-	73/63

Таблиця 3.8 – Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги Т-10-19 (ІІІ категорія)

Умови руху	Середня розрахункова/фактична швидкість різних типів транспортних засобів, км/год			
	легкові	вантажні	автобуси	автопоїзди
вільний рух	90/85	75/68	80/-	80/-
крива R = 450 м	76/82	76/-	76/-	76/-

Таблиця 3.9 – Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги М-06 (І-б категорія)

Умови руху	Середня розрахункова/фактична швидкість різних типів транспортних засобів, км/год			
	легкові	вантажні	автобуси	автопоїзди
вільний рух	130/138	90/97	90/130	90/107

Було відзначено [39] тенденцію до зростання середньої швидкості руху на підйомах/спусках та горизонтальних кривих за рахунок еволюційного покращення ходових характеристик транспортних засобів, а також зростання швидкості руху вантажних автомобілів та автобусів (особливо, на спільній базі з вантажними автомобілями).

Крім того, було вчергове підтверджено [39] факт ігнорування водіями обмежень максимальної швидкості руху, встановленими за допомогою дорожніх знаків. Вплив на швидкість руху мали лише геометричні параметри дороги та інженерне облаштування.

Враховуючи значну кількість подібних досліджень, виконаних дослідниками [4, 8, 27, 75, 77, 90] у минулому, трудомісткість проведення подібних спостережень та присутність суб’єктивних факторів, які могли вплинути на якість зібраних даних, на сьогоднішній день виникла потреба в отриманні даних про швидкість руху з інших джерел, інакших за натурні спостереження. Одним із таких джерел є постачальники навігаційних систем (табл. 3.1).

Згідно даних навігаційних систем, тривалість руху за маршрутом визначається ними як сума часових проміжків проходження окремих ділянок, які

складають цей маршрут. Основу для розрахунків маршрутів складають дані спостережень, зібраних з навігаційних пристроїв транспортних засобів, які рухались цими ділянками. Крім того, результати первинного розрахунку постійно маршруту коригуються на підставі миттєвих даних про швидкості руху та затори.

Технічні рішення подібних задач можливе но основі використання технології Великих даних від постачальника навігаційних систем компанії ТомТом [122], яка оперує даними, що надходять від понад 600 мільйонів підключених пристроїв з 77 країн світу (11 мільйонів записів даних щоденно).

Дані ТомТом використовуються для оптимізації дорожнього руху, відслідковування транспортних засобів та аналізу різних ситуацій на дорогах. В даному дослідженні використання технології Великих даних є доцільним для прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг. Ці дані забезпечують рівень точності до 10 метрів та оновлюються кожні 30 секунд. Помилкові дані або дані про невластиву поведінку відфільтровуються. Узагальнення даних здійснюється щоквартально.

Результати поділу автомобільної дороги М-06 Київ – Чоп (на м. Будапешт через міста Львів, Мукачево та Ужгород) на ділянки зі стабільними швидкостями руху наведені на рис. 3.1.

Відповідно до технології Великих даних, станом на І квартал 2020 року, вся дорога поділялась на 612 умовних ділянок середньою довжиною 1335 м (від 15 до 7624 м), впродовж яких швидкість вільного руху, визначена як міжквартильний розмах, стабільна (від 17 до 115 км/год). Середній перепад швидкості між сусідніми ділянками становив 5,8 км/год (від 1 до 45 км/год).

Проведений аналіз розподілу швидкостей (рис. 3.1) на автомобільній дорозі М-06 підтверджує схильність водіїв до перевищення встановлених обмежень швидкості, особливо, на ділянках доріг, які проходять через населені пункти. Лише в високогірних районах Карпат геометричні параметри дороги не дозволяють (окрім населених пунктів) розганятись понад встановлені обмеження.

Для перевірки достовірності Великих Даних від ТомТом було використано Великі дані, які збираються Системою зважування в русі (WIM) на автомобільних дорогах України, починаючи з грудня 2019 року [127].

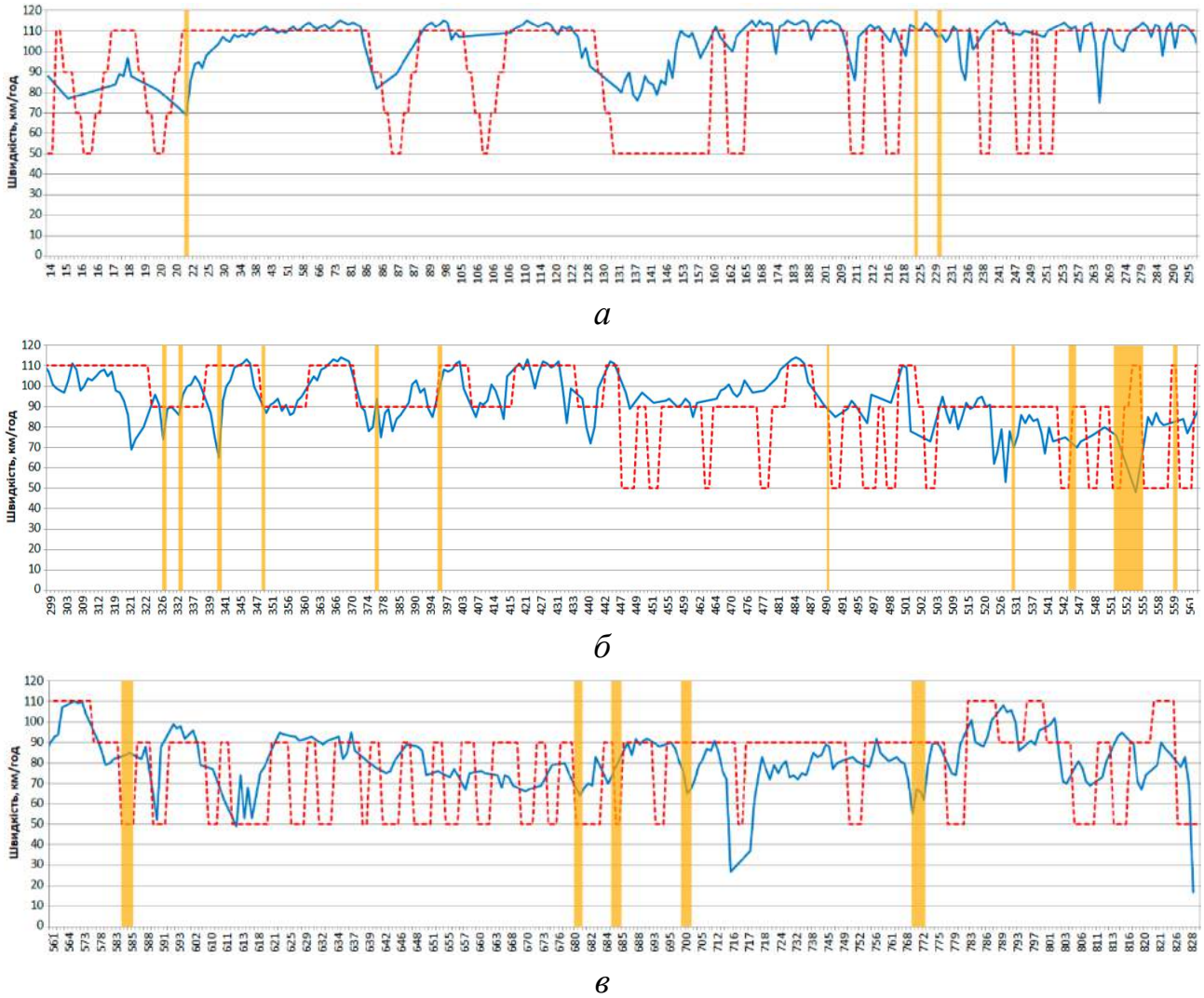


Рисунок 3.1 – Розподіл швидкостей на а/д М-06 від км 14+080 до км 831+711 (ціна поділки кілометрової шкали залежить від насиченості ключовими точками): *а* – на ділянці від км 14+080 до км 296+000; *б* – на ділянці від км 296+000 до км 561+000; *в* – на ділянці від км 561+000 до км 831+711;
– середня швидкість потоку; – обмеження швидкості;
– ділянки концентрації ДТП станом на 01.01.2020

Під час процесу зважування для кожного транспортного засобу визначаються: дата вимірювання (до мілісекунди за світовим часом), габарити (довжина, ширина, висота), кількість осей та відстань між ними, відстань від першої/останньої вісі до переднього/заднього бампера (звис), загальна маса та навантаження на кожну вісь, смуга та напрям руху, швидкість руху та державний номер [107, 108].

Аналізуючи зібрані дані можна розрахувати за будь-який проміжок часу наступні характеристики транспортного потоку [76]:

- інтенсивність руху;
- щільність руху (в тому числі довжини транспортних засобів та дистанцію між ними);
- склад руху (класи транспортних засобів за EURO6 або EURO13) [30];
- швидкість руху (середню арифметичну, середню гармонійну, % забезпечення тощо).

Крім того, за допомогою даних WIM можна встановити обсяг транзитних перевезень.

За приблизно той самий проміжок часу, за який були отримані дані від ТомТом (рис. 3.1) – 1-й квартал 2020 року – через 2 майданчики WIM1 (М-06 на км 24+130, лише в бік Києва) та WIM2 (М-06 км 54+336, в бік Києва та в бік Чопа) пройшло 1 691 993 автомобілі (рис. 3.2).

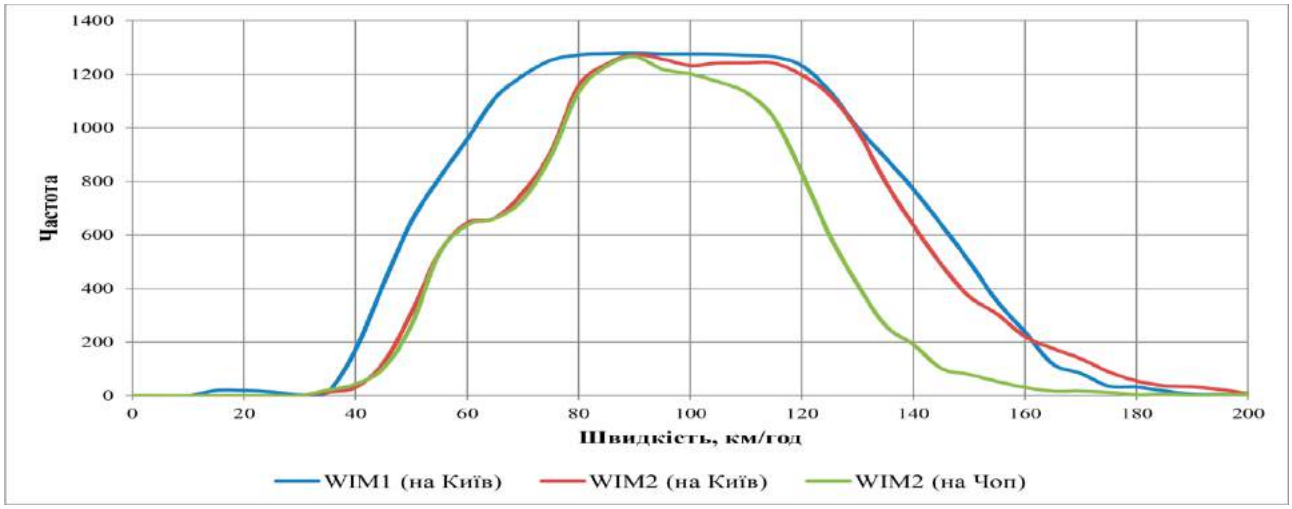


Рисунок 3.2 – Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 24+130 (WIM1) та км 54+336 (WIM2)

Порівняння міжквартильних розмахів для даних ТомТом та WIM наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Порівняння міжквартильних розмахів для різних джерел Великих даних про швидкість руху

Ділянка / Джерело	М-06 км 24+130	М-06 км 54+336	
	на Київ	на Київ	на Чоп
ТомТом	95	111	
WIM	100	109	97
різниця	+5 %	-2 %	-13 %

Варто зауважити, що різниця швидкостей руху на суміжних смугах (рис. 3.3 – 3.5) становить в середньому від 20 до 30 км/год, що в свою чергу може бути додатковим фактором настання аварійної ситуації при здійсненні маневрів (випередження, зміна смуги руху тощо).

Дозволена швидкість – **110** км/год

	Грудень 2019*	Січень 2020	Лютий 2020	Березень 2020	Квітень 2020
Середня швидкість потоку, км/год	103,2	107,1	106,5	105,4	106,5
Кількість порушників понад 111 | **131** км/год	3074 **404**	16779 **2290**	17633 **2336**	15798 **1975**	12797 **1692**
Середня швидкість потоку, км/год	84,5	87,9	88,2	86,5	87,3
Кількість порушників понад 111 | **131** км/год	416 **36**	2276 **189**	2064 **192**	1772 **139**	1528 **158**

* починаючи з 19 грудня

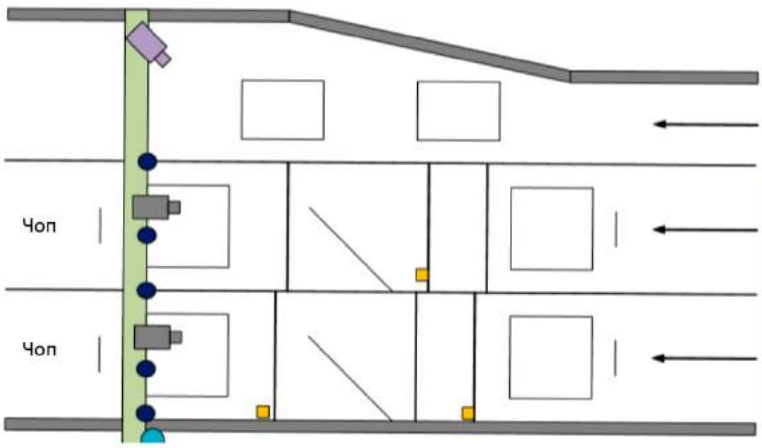
Рисунок 3.3 – Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 24+130 (WIM1, в бік Києва)

Дозволена швидкість – **110** км/год

	Грудень 2019*	Січень 2020	Лютий 2020	Березень 2020	Квітень 2020
Середня швидкість потоку, км/год	120,5	122,0	107,0	105,3	105,0
Кількість порушників понад 111 | **131** км/год	6927 **1978**	9989 **4199**	1690 **365**	1604 **304**	975 **183**
Середня швидкість потоку, км/год	96,0	98,3	93,5	91,3	91,2
Кількість порушників понад 111 | **131** км/год	2277 **238**	7188 **966**	2688 **287**	2580 **201**	1942 **173**

* починаючи з 19 грудня

Рисунок 3.4 – Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 54+336 (WIM2, в бік Києва)



Дозволена швидкість – 110 км/год

	Грудень 2019*	Січень 2020	Лютий 2020	Березень 2020	Квітень 2020
Середня швидкість потоку, км/год	92,3	85,2	85,7	85,5	85,1
Кількість порушників понад 111 | **131** км/год	1375 **138**	527 **26**	604 **31**	679 **24**	488 **28**
Середня швидкість потоку, км/год	113,5	101,0	102,2	101,6	100,0
Кількість порушників понад 111 | **131** км/год	6257 **1489**	636 **102**	799 **152**	814 **126**	525 **80**

* починаючи з 19 грудня

Рисунок 3.5 – Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 54+336 (WIM2, в бік Чопа)

За даними WIM, за період з 01.06.2020 до 28.12.2020 на українських дорогах зафіксовані наступні середні гармонійні швидкості руху (табл. 3.11). Похибка вимірювань становить 2%.

Таблиця 3.11 – Середні гармонійні швидкості руху за даними WIM [76]

Точка обліку	Напрям руху	Смуга руху	Середня гармонійна швидкість руху ,км/год			
			автобуси	автопоїзди	вантажівки	легковики
WIM1 - М-06 км 24+130	Київ	2 (крайня ліва)	90,11	80,44	86,52	87,82
		1 (крайня права)	80,92	71,52	71,84	73,74
WIM2 - М-06 км 54+336	Київ	2 (крайня ліва)	96,88	85,44	93,08	108,13
		1 (крайня права)	89,03	77,81	76,24	86,24
WIM2 - М-06 км 54+336	Чоп	2 (крайня ліва)	96,93	85,44	95,04	103,46
		1 (крайня права)	85,94	78,30	78,82	80,86
WIM3 - М-03 км 80+939	Київ	2 (крайня ліва)	94,85	85,37	99,13	112,14
		1 (крайня права)	89,05	78,87	79,97	84,92
WIM3 - М-03 км 80+939	Харків	2 (крайня ліва)	95,16	85,95	100,56	114,95
		1 (крайня права)	85,66	78,67	80,17	83,78
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бориспіль	2 (крайня ліва)	79,56	78,68	84,55	87,94
		1 (крайня права)	85,66	78,67	80,17	83,78
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бровари	2 (крайня ліва)	83,82	81,03	85,84	90,76
		1 (крайня права)	69,09	71,22	70,42	74,58
WIM5 - М-05 км 36+304	Київ	2 (крайня ліва)	92,93	84,74	93,93	94,50
		1 (крайня права)	81,20	73,71	75,47	75,65
WIM5 - М-05 км 36+304	Одеса	2 (крайня ліва)	94,74	88,69	95,78	94,78
		1 (крайня права)	79,11	71,89	77,45	76,88
WIM6 - М-07 км 62+879	Київ	1 (крайня права)	74,50	75,05	77,94	79,08

Враховуючи той факт, що майданчики WIM побудовані на ділянках

автомобільних доріг, на яких не порушується рівномірність руху та відсутні додаткові обмеження швидкості руху, для кожної з цих ділянок можна визначити середню гармонійну швидкість транспортного потоку конкретного складу (або в даному випадку конкретних представників груп транспортних засобів) в умовах вільного руху (табл. 3.12). Зазвичай, умови вільного руху на підходах до великих населених пунктів забезпечуються в проміжку часу з 22:00 до 6:00 та з 10:00 до 14:00, а на всіх інших майданчиках WIM – практично цілодобово.

Таблиця 3.12 – Середні гармонійні швидкості в умовах вільного руху за даними WIM [76]

Точка обліку	Напрям руху	Смуга руху	Середня гармонійна швидкість в умовах вільного руху, км/год			
			автобуси	автопоїзди	вантажівки	легковики
WIM1 - M-06 км 24+130	Київ	2 (крайня ліва)	96,37	83,63	93,52	100,45
		1 (крайня права)	88,75	76,54	77,27	81,24
WIM2 - M-06 км 54+336	Київ	2 (крайня ліва)	98,38	86,02	96,14	110,86
		1 (крайня права)	92,31	79,73	79,02	88,3
WIM2 - M-06 км 54+336	Чоп	2 (крайня ліва)	99,84	86,61	97,49	109,98
		1 (крайня права)	91,52	78,92	80,70	84,76
WIM3 - M-03 км 80+939	Київ	2 (крайня ліва)	98,31	86,52	103,64	118,36
		1 (крайня права)	93,85	79,89	83,91	86,78
WIM3 - M-03 км 80+939	Харків	2 (крайня ліва)	98,52	87,24	103,58	118,04
		1 (крайня права)	93,66	79,61	82,99	88,21
WIM4 - P-03 км 19+543	Бориспіль	2 (крайня ліва)	98,44	80,98	87,81	92,16
		1 (крайня права)	73,68	71,61	70,71	74,37
WIM4 - P-03 км 19+543	Бровари	2 (крайня ліва)	87,64	83,12	88,11	93,26
		1 (крайня права)	76,74	73,39	72,35	77,50
WIM5 - M-05 км 36+304	Київ	2 (крайня ліва)	97,00	85,44	97,18	102,56
		1 (крайня права)	86,46	75,22	77,55	81,52
WIM5 - M-05 км 36+304	Одеса	2 (крайня ліва)	109,31	96,55	99,99	104,73
		1 (крайня права)	84,86	73,94	82,17	82,65
WIM6 - M-07 км 62+879	Київ	1 (крайня права)	78,45	77,12	80,99	82,62

Для додаткового підтвердження або спростування отриманих за допомогою WIM характеристик (табл. 3.11 та 3.12) транспортного потоку можливо використовувати дані (табл. 3.13) від постачальників навігаційних систем [5, 45, 122].

Таблиця 3.13 – Фактичні швидкості руху за даними TomTom [122]

Ділянка, що містить точку обліку	Напрям руху	Середня гармонійна швид-кість, км/год	Швидкість із забезпеченням, %, км/год																		
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	**85**	90	95
М-06 км 24+130	Київ	94,96	70	77	82	86	89	92	95	97	100	102	104	106	108	111	113	116	**119**	124	131
М-06 км 54+336	Київ	107,22	82	88	93	97	100	104	106	109	112	115	117	120	122	125	128	132	**136**	141	150
М-06 км 54+336	Чоп	108,52	82	88	93	97	100	103	105	108	111	113	116	118	121	124	127	130	**134**	139	147
М-03 км 80+939	Київ	115,47	84	91	96	100	104	108	111	113	117	119	123	126	129	132	136	140	**145**	151	162
М-03 км 80+939	Харків	111,89	82	89	95	99	102	105	108	111	113	116	119	122	124	128	131	134	**139**	145	154
М-05 км 36+304	Київ	99,98	71	79	85	88	93	96	99	102	103	106	108	111	113	116	119	123	**127**	132	141
М-05 км 36+304	Одеса	104,84	78	85	90	94	97	100	102	105	107	109	112	114	116	119	121	125	**129**	134	142
М-07 км 62+879	Київ	99,89	78	83	87	90	93	96	97	99	102	104	106	109	111	114	117	120	**124**	129	139
М-06 км 246+008	Київ	109,95	83	87	92	96	100	103	106	109	112	115	118	121	124	127	131	135	**140**	147	157
М-06 км 246+008	Чоп	115,78	85	91	96	100	104	108	111	114	117	120	123	126	129	133	136	141	**146**	152	161

Таким чином, можна зробити висновок про те, що технології Великих даних про швидкості руху на мережі автомобільних доріг України достовірні та можуть бути використані для актуалізації залежностей швидкості руху від факторів, що на неї впливають, а також для прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг, калібрування інструментів моделювання, виконання розрахунків та прийняття рішень.

3.4 Розроблення методу визначення просторової видимості

Оскільки, у дорожньому русі беруть участь водії, що мають відмінності у кваліфікації, сприйнятті інформації та оцінюванні дорожніх умов, тому кожен водії самостійно обирає швидкість руху. Від швидкості руху залежить психофізіологічне навантаження на водіїв. Головним показником психофізіологічного навантаження є забезпечення просторової видимості та можливість отримання необхідної інформації з системи ВАДСІ.

Забезпечення просторової видимості транспортних засобів, що перетинають

дорогу або зустрічних транспортних засобів – є однією з головних вимог безпеки руху. Таке забезпечення можливе або розкриттям (усуванням) перешкод із сектору зору водіїв, або обмеженням швидкості руху транспортних засобів до рівня, що відповідає вимогам просторової видимості [126].

Вважається за доцільне проводити аналіз просторової видимості, виходячи з найбільш небезпечних умов – руху транспортних засобів, а саме легкових автомобілів, із середньою швидкістю вільного руху згідно з табл. 3.2.

3.4.1 Визначення видимості на нерегульованих залізничних переїздах, перехрестях та примиканнях інших автомобільних доріг в одному рівні

Головною умовою безаварійного проїзду перехрестя з іншими транспортними потоками в одному рівні є (залізничного чи автомобільного транспорту) – взаємна видимість транспортних засобів, що під'їжджають до перехрестя (примикання) з поперечного напрямку.

Відстань, на якій має бути помічений транспортний засіб, що рухається в поперечному напрямку, повинна бути такою, що дає можливість водію адекватно оцінити ситуацію та вчасно загальмувати, не допускаючи зіткнення:

$$S_{\text{безп}} = T_{\text{реакції водія}} \cdot V_{\text{безп}} + \frac{K_{\text{т}} \cdot V_{\text{безп}}^2}{2g \cdot (f + i)} + 10, \qquad (3.10)$$

де $S_{\text{безп.}}$ – відстань до перехрестя, м;

$T_{\text{реакції водія}}$ = 1,0 – середньостатистичний час реакції водія, с;

$V_{\text{безп}}$ – безпечна швидкість руху по ділянці, що передує перехрестю, м/с;

$K_{\text{т}}$ = 1,4 – коефіцієнт ефективності гальмування;

g = 9,81 – прискорення сили тяжіння, м/с^2;

f = 0,5 – коефіцієнт подовжнього зчеплення;

i – подовжній похил (в частках до одиниці), для підйому зі знаком «+», для спуску зі знаком «–»;

10 – величина запасу відстані, м.

Зважаючи на найбільш несприятливі умови, приймаємо, що $V_{безп} = V_{вільна}$ та $i = 0$. Формула (3.10) зводиться до наступної залежності:

$$S_{безп} = 1 \cdot V_{вільна} + \frac{1{,}4 \cdot V_{вільна}^2}{g} + 10. \quad (3.11)$$

Видимість вважається забезпеченою, якщо жоден з елементів місцевості, що знаходиться в межах поля концентрації зору водіїв на відстані $S_{бокова}$ з кожного напрямку, не перекриває видимість транспорту, що наближається до перехрестя іншою дорогою. (рис. 3.6 – 3.7).

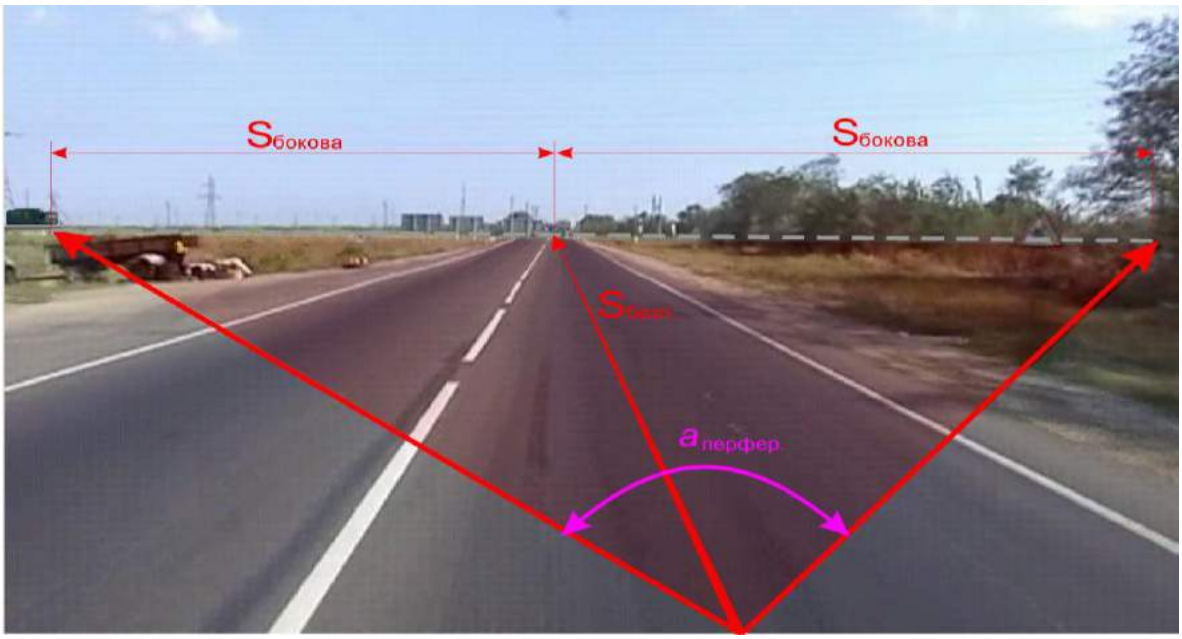


Рисунок 3.6 – Приклад забезпеченої (ліворуч) та незабезпеченої (праворуч) видимості на залізничних переїздах, пересіченнях та примиканнях інших автомобільних доріг в одному рівні

На рис. 3.6 наведено приклад несуцільної (ліворуч, торгівельне обладнання в місці стихійної торгівлі) та суцільної (праворуч, кущі та дерева) перешкод у смузі відведення автомобільної дороги, які частково та повністю відповідно обмежують видимість на перехресті на відстані $S_{безп}$ у напрямку руху.

Зона концентрації зору водія може бути нормована кутом зору водія в 12°. В ідеальних умовах, на прямій горизонтальній ділянці з нормативними рівністю і коефіцієнтом зчеплення, величини $S_{безп.}$ та $S_{безп.1}$ можуть бути встановлені в залежності від категорії дороги (табл. 3.14).

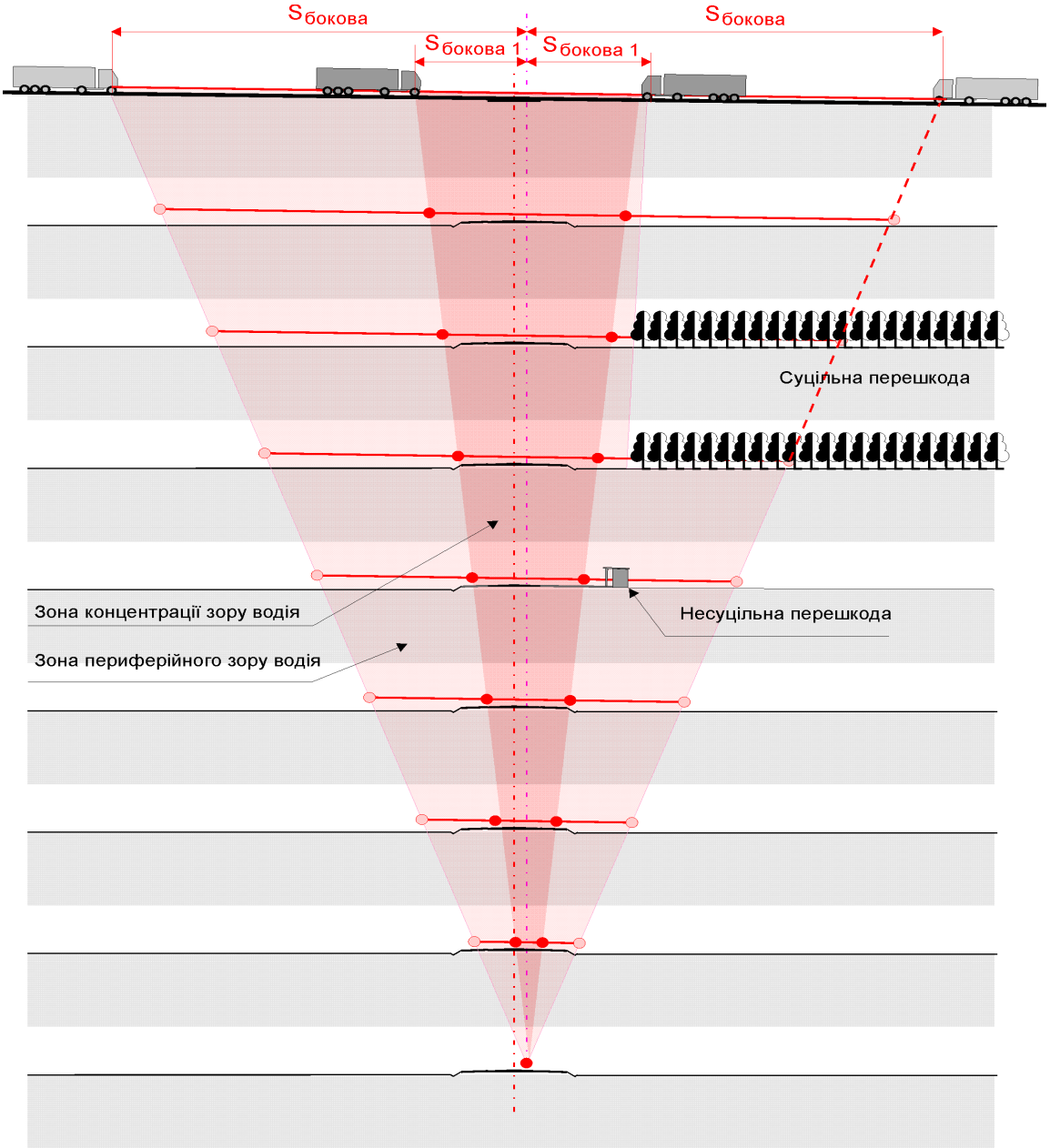


Рисунок 3.7 – Схема поля концентрації зору водія

Таблиця 3.14 – Окремі параметри зони концентрації зору водія

Категорія дороги	Величина $S_{безп.}$, м	Величина кута концентро-ваного зору $a_{перф.}$, град.	Величина $S_{бокова}$	Величина кута периферій-ного зору $a_{периф.}$, град.	Величина $S_{бокова\ 1}$
Іа	300	12	32	30	80
Іб	250	12	26	35	78
II	250	12	26	35	78
III	200	12	21	40	73
IV	150	12	16	43	60
Магістральна залізниця	400		42		110
Маневрові та інші під’їзні залізничні шляхи	250		26		70

На пішохідних переходах поза межами населених пунктів, величина $S_{безп.}$ зі сторони пішоходів повинна становити не менше 10 м.

Якщо дорога проходить в межах населених пунктів, то величина $S_{безп.}$, як по основному, так і в поперечному напрямках, приймається в залежності від типу групи населених пунктів та категорій вулиць (табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Окремі параметри зони концентрації зору водія

Тип групи населених пунктів	Категорія вулиць	Величина $S_{безп.}$, м
Найбільш значні та значні міста	Загальноміського значення, безперервного руху	200
	Загальноміського значення, регульованого руху	150
	Районного значення	115
Великі міста	Загальноміського значення	150
	Районного значення	85
Середні та малі міста	Магістральні вулиці	85

3.4.2 Визначення ділянок дороги з незабезпеченою просторовою видимістю

При умові, що середньодобова інтенсивність руху транспортного потоку перевищує 55 авт/год на одну смугу руху в одному напрямку, виникає 50 % імовірність виникнення маневрів обгону. При цьому забезпечення видимості зустрічного автомобіля є важливішою умовою безаварійного руху.

Класичні методи дозволяють перевірити видимість зустрічного автомобіля **окремо**:

а) **<u>В умовах горизонтальної кривої</u>** має забезпечуватись взаємна видимість двох зустрічних автомобілів на відстані двох гальмівних шляхів:

$$S_{безп.\ вид.} = S_{безп.1} + S_{безп.\ 2}, \qquad (3.12)$$

де $S_{безп.вид.}$ – відстань видимості, м;

$S_{безп.1}$; $S_{безп.2}$ – величини гальмівних шляхів зустрічних автомобілів, м

Видимість вважається забезпеченою, якщо в зоні місцевості, що знаходиться в межах поля зору водіїв з кожного напрямку, відсутня будь яка перешкода (рис. 3.8).

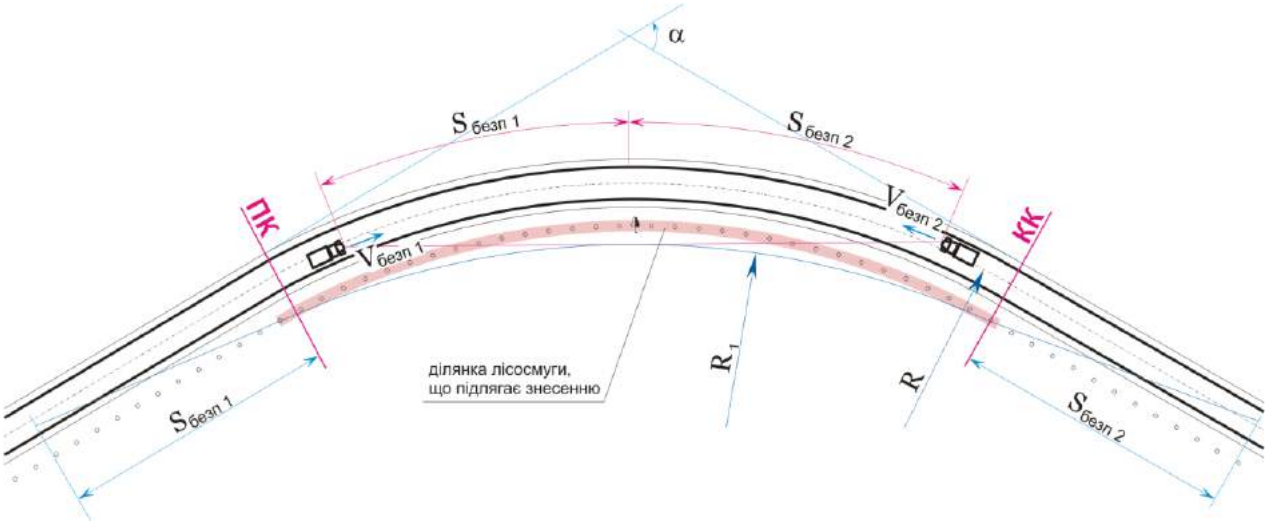


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема видимості зустрічного транспортного засобу на кривій в плані

Поле зору водія, в межах горизонтальної кривої радіуса R, вважається достатнім, якщо обмежується паралельною горизонтальною кривою довжиною $S_{безп.}$ та радіусом кривої межі видимості R_1:

$$R_1 = R \cdot \cos \alpha /2, \tag{3.13}$$

де α – величина кута повороту осі дороги, градусів, між двома уявними прямими, відповідно, $S_{безп.1}$ та $S_{безп.\ 2}$, що з'єднують криву видимості з початковою та кінцевою точками поля зору.

б) <u>В умовах наявності опуклої вертикальної кривої в подовжньому профілі</u>. Обмеження видимості зустрічного автомобіля в подовжньому профілі залежить від величини перепаду перевищень між відміткою проїзної частини на вершині опуклої вертикальної кривої (точки перелому підйом-спуск) та відмітками проїзної частини на відстані від вершини, відповідно $S_{безп.1}$ та $S_{безп.2}$ (рис. 3.9).

$$H_в - H_{S1} < 1{,}2 \text{ м або } H_в - H_{S2} < 1{,}2 \text{ м} \tag{3.14}$$

де $H_в$ – відмітка поверхні по осі проїзної частини в вершині опуклої вертикальної кривої або точки перелому підйом-спуск;

H_{S1} – відмітка поверхні по осі проїзної частини на відстані $S_{безп1}$, м;

H_{S2} – відмітка поверхні по осі проїзної частини на відстані $S_{безп2}$, м.

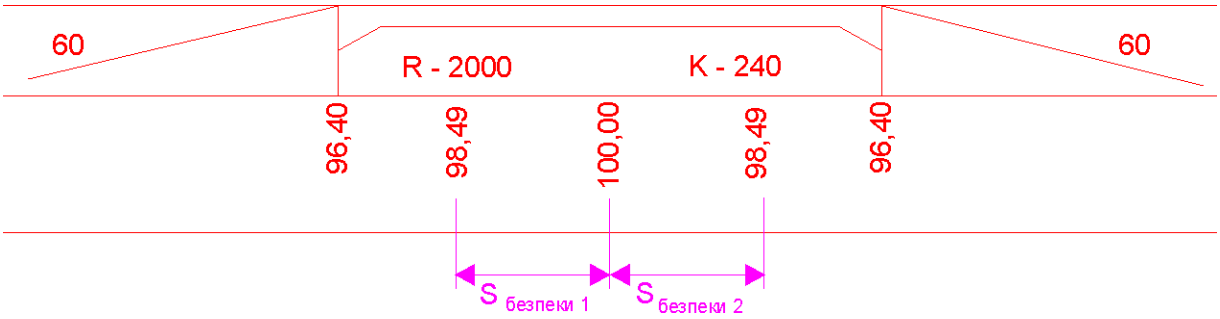


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема видимості на опуклій кривій в поздовжньому профілі

в) **<u>В реальних умовах</u>**, коли криві в плані суміщаються з вертикальними кривими та похилами, перевірок видимості зустрічного автомобіля окремо в плані та окремо в поздовжньому профілі недостатньо (рис.3.10 та 3.11).

Рисунок 3.10 – Приклад невиявленої закритої видимості на дорозі II категорії при *R*=1000 м, з похилом 7 ‰

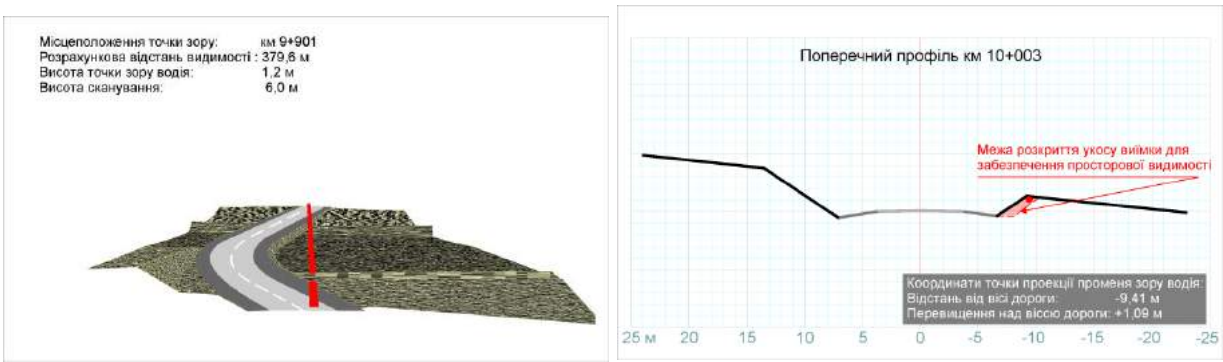


Рисунок 3.11 – Приклад проекції точки зору водія на площину поперечного перерізу дороги

3.4.3 Метод визначення просторової видимості

Теоретичні передумови методу визначення просторової видимості наведені у пункті 2.6. На основі натурних спостережень і теоретичних викладок наведених вище пропонується метод суть якого полягає в тому, що просторова видимість забезпечена, якщо в жодній з площин поперечних профілів відсутня перешкода променю зору водія на зустрічний транспорт (рис. 3.12).

Умова забезпечення видимості – неперервність лінії зору водія в кожному з поперечних профілів між автомобілем та гіпотетичною перешкодою на дорозі.

Відстані m та d у площині наступного поперечного профілю (рис. 3.12, б) визначають за формулами:

$$m = l \cdot \tan\left(arcsin\frac{l}{\sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2}}\right), \quad (3.15)$$

$$d = \frac{1}{l} \cdot \cos\left(arcsin\frac{l}{\sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2}}\right), \quad (3.16)$$

де l – відстань між сусідніми поперечними профілями;

X_1, Y_1, Z_1 – координати очей водія;

1,2 – відстань від лінії зору до поверхні покриття, м;

X_A, Y_A, Z_A – координати точки A, де переривається лінія зору водія;

α – кут між траєкторією руху автомобіля та напрямком зору водія.

Координати точки A, у якій переривається промінь зору водія, визначають за формулами:

$$X_A = \frac{d\left((X_2-X_1)+L\cdot X_1\right)}{L}, Y_A = \frac{d\left((Y_2-Y_1)+L\cdot X_1\right)}{L}, Z_A = \frac{d\left((Z_2-Z_1)+L\cdot X_1\right)}{L}, \quad (3.17)$$

де L – заданий гальмівний шлях, м;

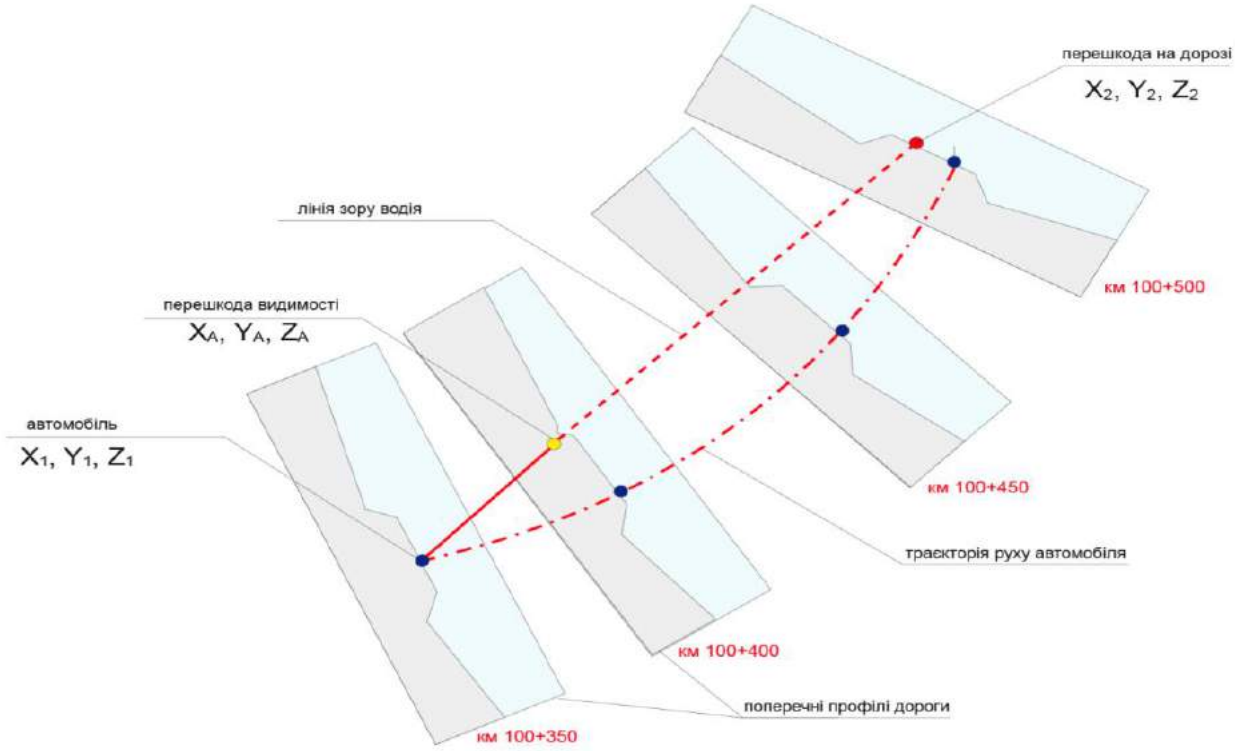
Розв’язання системи рівнянь здійснюють методом ітераційного перебору відрізків, які з’єднують опорні точки поперечного профілю:

$$\begin{cases} X_{1i} \le X_A \le X_{2i} \\ Y_{1i} \le Y_A \le Y_{2i} \end{cases}. \quad (3.18)$$

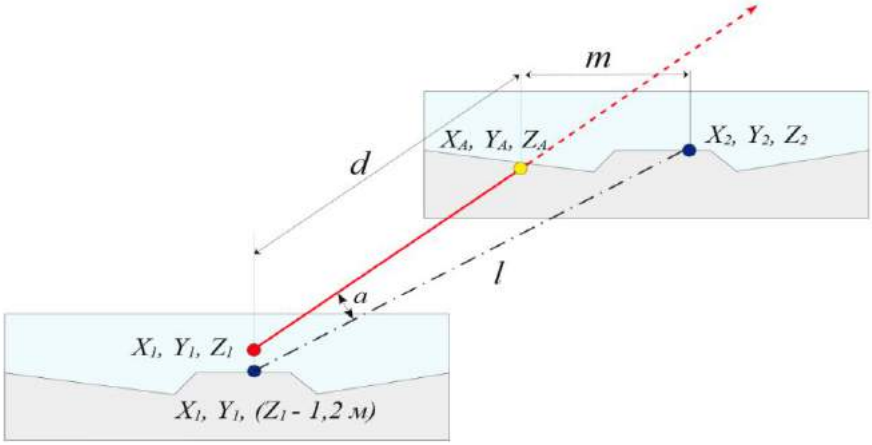
Просторова видимість буде забезпечена при умові:

$$Z_A > Z_{2i}. \tag{3.19}$$

Тобто, промінь зору водія, що знаходиться в точці з координатами X_1, Y_1, Z_1 і повинен бачити зустрічний автомобіль в точці з координатами X_2, Y_2, Z_2 перетинається з «денною поверхнею» в точці з координатами X_A, Y_A, Z_A.



а)



б)

1,2 м – відстань від лінії зору до поверхні покриття; α – кут між траєкторією руху автомобіля та напрямком зору водія; *m* та *d* – відстані до перешкоди; *l* – відстань між сусідніми поперечними профілями; X_1, Y_1, Z_1 – координати очей водія; X_A, Y_A, Z_A – координати точки *A*, де переривається лінія зору водія

Рисунок 3.12 – Схема визначення просторової видимості

Якщо відстань між сусідніми поперечними профілями земляного полотна незначна, можливою є послідовна перевірка кожного поперечного перерізу: якщо проекція променя зору водія на площину поперечного перерізу знаходиться нижче лінії «денної поверхні», то видимість не забезпечена.

3.5 Підвищення безпеки дорожньої інфраструктури з використанням технології Великих даних про параметри доріг

На сьогоднішній день, найбільш точною інформацією про автомобільні дороги України володіє Державне агентство автомобільних доріг України.

Вимоги до кількісних та якісних показників даних про автомобільні дороги наведені у відповідному стандарті [82].

Мінімальна сукупність даних, яка здатна описати автомобільну дорогу у будь-якій точці, називається поперечним перерізом (рис. 3.13).

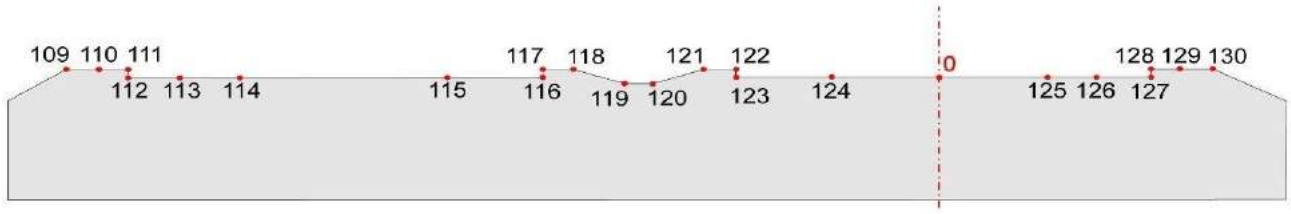


Рисунок 3.13 – Опорні точки опису поперечних профілів центральної частини дороги [65]

Сукупність поперечних перерізів з чітко встановленою дискретністю утворює цифрову модель автомобільної дороги.

Як було наголошено в розділі 1.3, збирання докладних даних про автомобільні дороги (паспортизація) та їх регулярна актуалізація пов’язані зі значними витратами як часових, так і фінансових ресурсів.

Враховуючи той факт, що за часи Незалежності інформаційне забезпечення автомобільних доріг фінансувалась за залишковим принципом, підхід до паспортизації обмежувався конвертуванням ще «радянських» паспортів у

формати електронних таблиць, наявні дані катастрофічно втрачали актуальність та відчувався шалений брак інформації для прийняття керівних рішень, в 2016 році Укравтодором було прийняте рішення про виконання комплексу робіт з визначення просторових координат автомобільних доріг загального користування державного значення у загальнодержавній системі координат УСК-2000 [21]. За результатами цих робіт було, в тому числі, оновлено перелік та довжини автомобільних міжнародних, національних та регіональних доріг [70].

На даний момент проводяться роботи з визначення просторових координат територіальних доріг. Після їх завершення буде розроблено проект оновленої Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення».

Доступ до просторових координат організовано на порталі [49], в тому числі і за допомогою API.

Накопичення масиву просторових координат дозволило отримати актуальні довгострокові дані про: криві в плані, підйоми та спуски, кілометрові прив’язки конструктивних елементів та транспортних споруд. Також, це дало змогу перейти до так званої «спрощеної» просторової моделі (рис. 3.14).

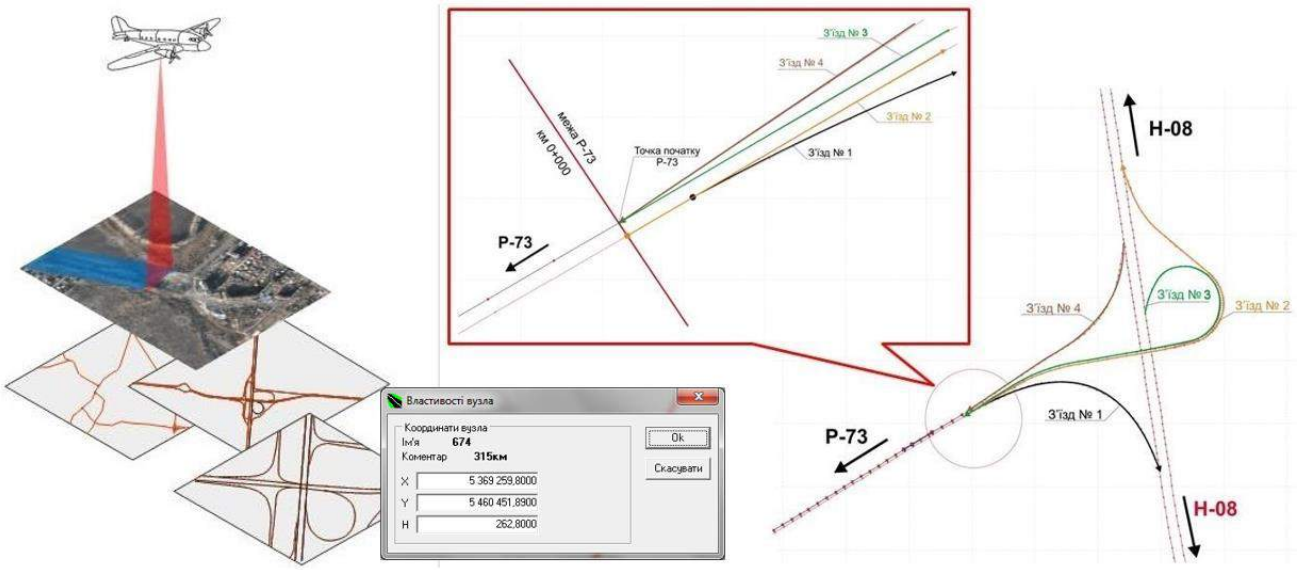


Рисунок 3.14 – Побудова просторової моделі мережі автомобільних доріг

Тобто цифрової моделі, побудованої на підставі інструментально виміряних просторових координат вісі автомобільної дороги (див. рис. 3.13, точка 0) та програмно обрахованих координат, на підставі наявних даних про кількість та ширину смуг руху, ширину узбіч, висоти насипу, закладання укосів тощо.

За допомогою «спрощеної» просторової моделі стало можливим здійснювати аналіз та приймати відповідні рішення щодо прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій, спричинених геометричними параметрами автомобільної дороги.

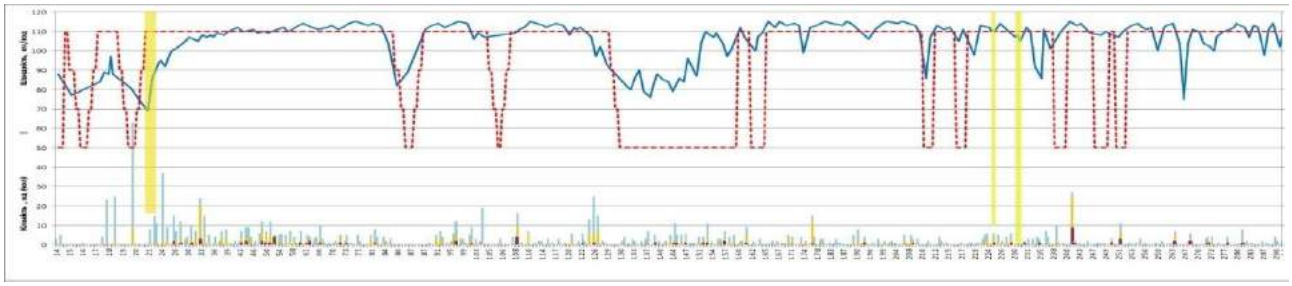
Транспонуючи отримані результати на мережу автомобільних доріг загального користування державного значення України та використовуючи «спрощену» просторову модель, стало можливим проранжувати горизонтальні криві за ступенем небезпеки (рис. 3.15), щоб в подальшому мати змогу внести корективи в плани виконання робіт з капітального ремонту та реконструкції ділянок автомобільних доріг.

Область	Група кривих за радіусом, м														РАЗОМ
	01. до 4,99	02. 5-9,99	03. 10-14,99	04. 15-19,99	05. 20-49	06. 50-99	07. 100-149	08. 150-249	09. 250-499	10. 500-999	11. 1000-1499	12. 1500-2499	13. 2500-4999	14. понад 5000	
АР Крим	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	**н/д**
Вінницька		1	7	9	62	80	96	176	324	278	116	98	38	1	**1 286**
Волинська		1	1	5	15	25	18	56	137	151	55	48	27	2	**541**
Дніпропетровська		2	3	15	44	56	47	89	241	327	178	184	84	6	**1 276**
Донецька			2	6	8	6	9	18	51	103	69	67	26	3	**368**
Житомирська		1	4	2	11	19	20	46	145	182	87	75	40	3	**635**
Закарпатська	1	2	1	5	93	201	256	462	554	346	78	56	19	3	**2 077**
Запорізька		2	1	1	14	26	11	41	131	197	84	94	68	9	**679**
Івано-Франківська		3	4	6	74	238	267	453	570	332	110	65	19	2	**2 143**
Київська	1	4	6	12	41	58	89	158	329	320	143	150	55	3	**1 369**
Кіровоградська		3		1	14	12	22	47	103	147	58	86	50	7	**550**
Луганська		3	3	2	28	27	20	54	84	121	74	58	30	4	**508**
Львівська	1	3	10	7	52	86	122	207	334	262	131	87	33	3	**1 338**
Миколаївська		4	1	6	25	42	37	62	112	207	96	112	68	11	**783**
Одеська		8	7	10	58	70	55	105	301	396	212	242	112	11	**1 587**
Полтавська		1	2	3	24	10	31	37	94	184	110	113	95	11	**715**
Рівненська		1	1	3	21	40	27	74	141	187	90	56	34	3	**678**
Сумська		3	4	5	32	51	68	171	293	311	139	113	48	1	**1 239**
Тернопільська	1	1	2	5	35	42	41	104	290	278	114	74	22		**1 009**
Харківська	1		2	6	42	54	91	140	252	310	188	183	129	10	**1 408**
Херсонська			2	1	9	15	7	18	52	96	41	46	35	6	**328**
Хмельницька		1	3	7	31	71	55	101	250	258	105	80	27		**989**
Черкаська	1	3	1	5	33	50	41	104	215	220	106	101	52	5	**937**
Чернівецька		3	5	1	29	44	41	95	202	177	64	47	12		**720**
Чернігівська		2	2	4	30	39	65	111	226	295	137	143	69	13	**1 136**
РАЗОМ	6	52	74	127	825	1 362	1 536	2 929	5 431	5 685	2 585	2 378	1 192	117	24 299
	3 982							8 360		11 957					
	дуже небезпечні							небезпечні		інші					

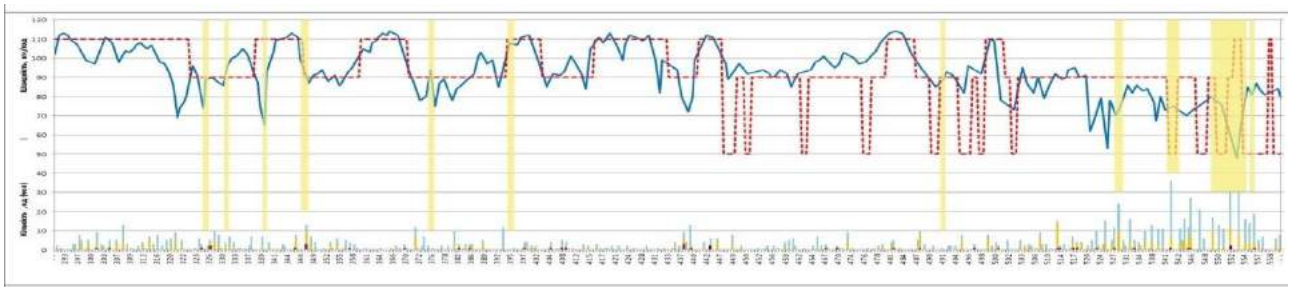
Рисунок 3.15 – Групування горизонтальних кривих за радіусами на мережі міжнародних, національних та регіональних доріг

3.6 Прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг з використанням технології Великих даних

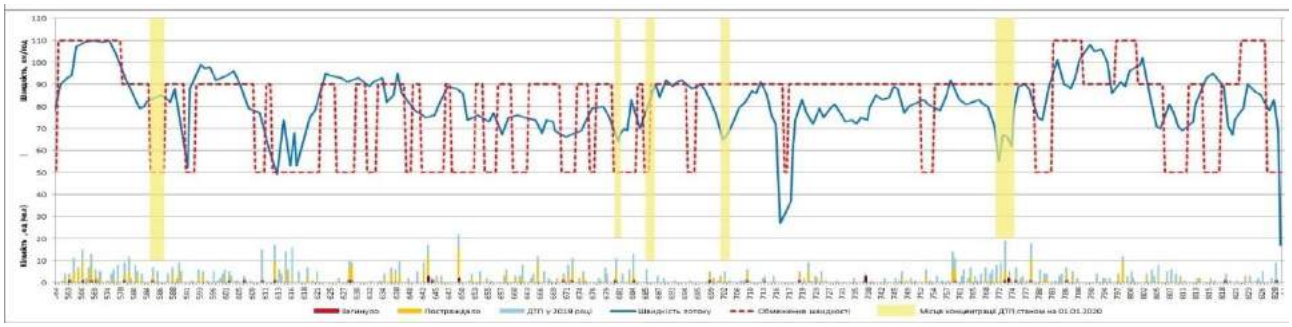
Комбінуючи дані про розподіл швидкостей з іншими даними про автомобільну дорогу та аварійність, можливо прослідкувати окремі залежності, встановити, яке поєднання небезпечних факторів чинить вирішальний вплив на виникнення кожного окремого ДТП або утворення аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг та місць концентрації ДТП (рис. 3.16).



а



б



в

Рисунок 3.16 – Розподіл кількості ДТП в 2019 році на а/д М-06 від км 14+080 до км 831+711 (ціна поділки кілометрової шкали залежить від насиченості ключовими точками): *а* – на ділянці від км 14+080 до км 290+000; *б* – на ділянці від км 290+000 до км 560+000; *в* – на ділянці від км 560+000 до км 831+711

Очевидно, що більшість ДТП виникають саме в місцях перепадів швидкості

руху. А тяжкість наслідків тим більша, чим вища швидкість потоку або чим більшою є різниця між фактичною та дозволеною швидкостями.

Щоб зрозуміти причини, які змушують водіїв змінювати швидкість руху та підтвердити або спростувати дані про розподіл швидкостей (див. рис. 3.1), були використані знеособлені дані з GPS-трекерів (рис. 3.17) про рух 36 автомобілів, які належать підприємствам, підпорядкованим Укравтодору, записані в проміжку з грудня 2019 року до березня 2020 року. Впродовж цього періоду цими автомобілями було подолано відстань 178 574 км. Цінність таких даних передусім полягає в тому, що вони зібрані з автомобілів, за кермом яких перебували професійні водії, які добре знали умови руху за кожним з маршрутів. Крім того, водії не знали, що беруть участь в експерименті і, таким чином, свідомо або не свідомо, не могли вплинути на якість зібраних даних.

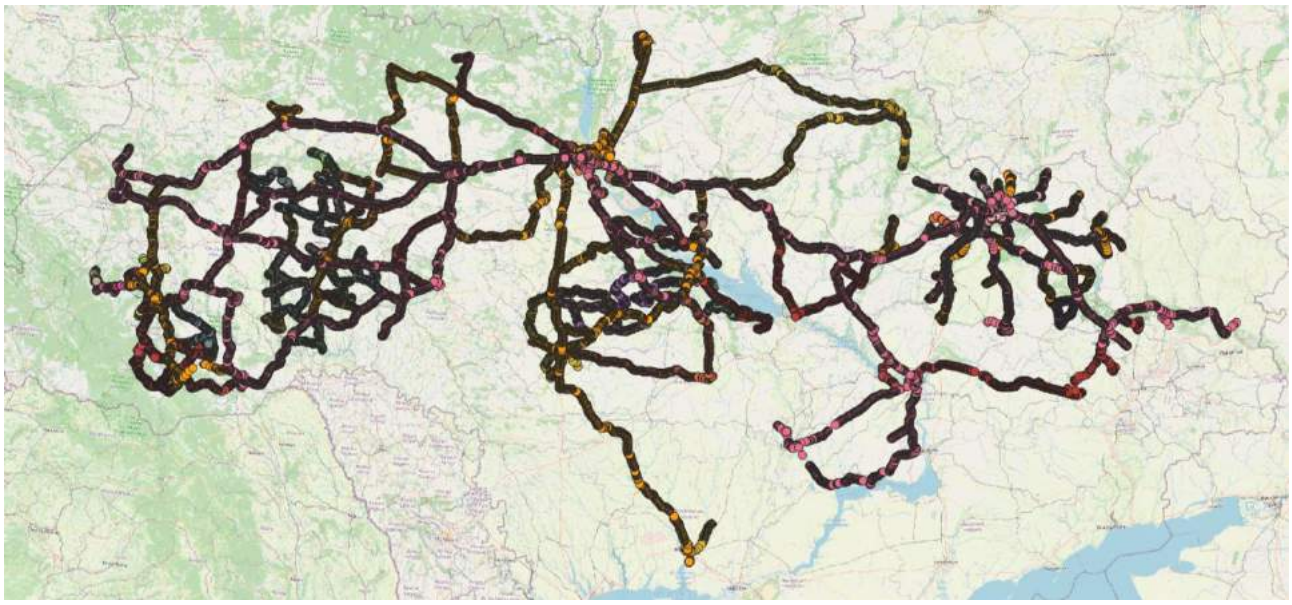


Рисунок 3.17 – Маршрути руху автомобілів автомобільними дорогами України, записані в проміжку з грудня 2019 року до березня 2020 року та використані в цьому дослідженні (картографічні дані надано OpenStreetMap)

Встановлено, що найбільша кількість аварійно-небезпечних ситуацій на цій ділянці а/д М-06 виникає на віднесених лівих поворотах (рис. 3.18), причому аварійність на них пропорційна інтенсивності та швидкості руху.

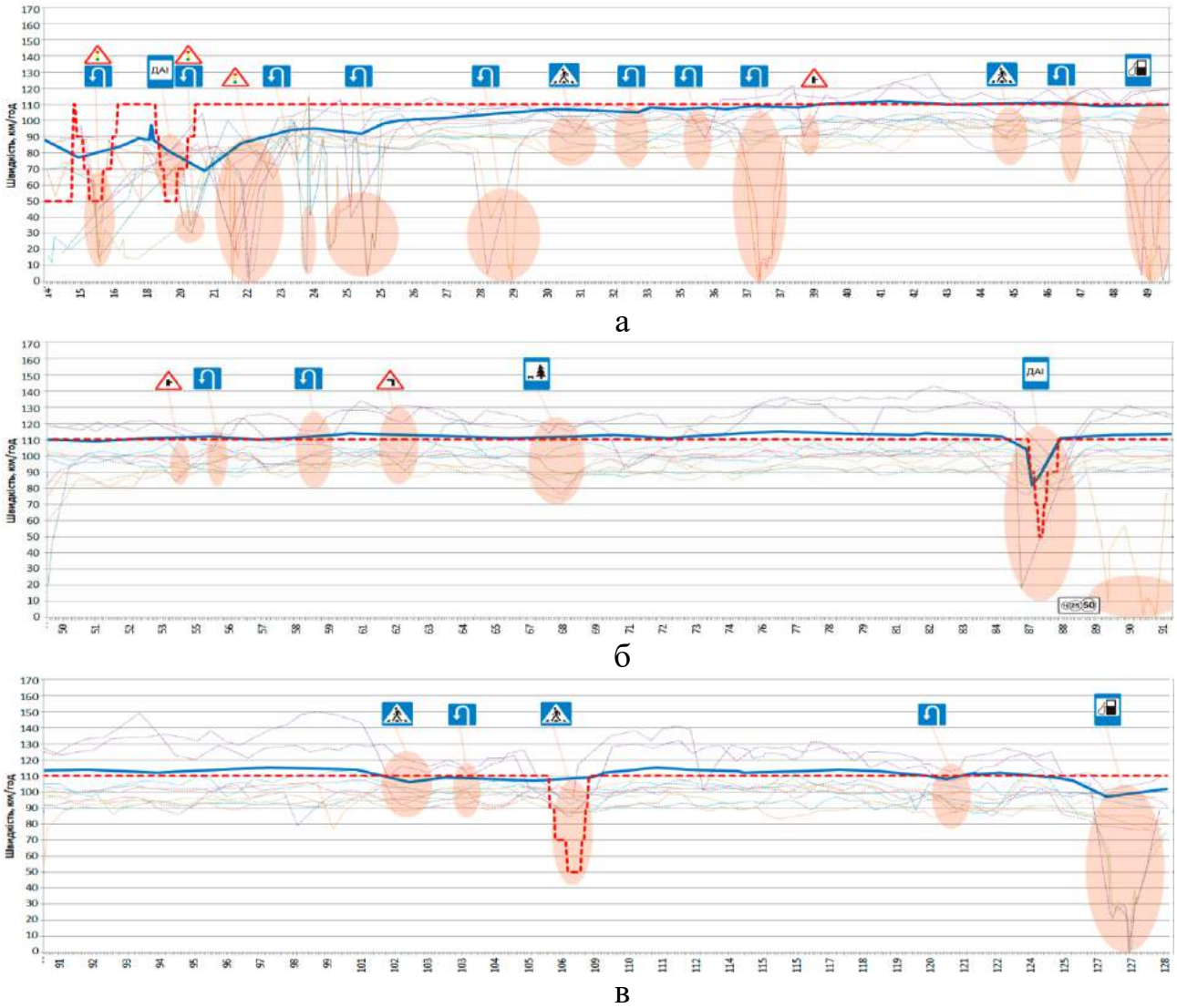


Рисунок 3.18 – Розподіл швидкостей на а/д М-06 від км 14+080 до км 128+000 у порівнянні з даними про рух окремих автомобілів (ціна поділки кілометрової шкали залежить від насиченості ключовими точками): а – на ділянці від км 14+080 до км 49+500; б – на ділянці від км 49+500 до км 90+800; в – на ділянці від км 90+800 до км 128+000: ——– швидкість потоку; – – – – обмеження швидкості; ..... – Авто 1; ..... – Авто 2; ..... – Авто 3; ..... – Авто 4; ..... – Авто 5; ..... – Авто 6; ..... – Авто 7; ..... – Авто 8; ..... – Авто 9; ..... – Авто 10

Швидкості руху на підходах до пішохідних переходів в одному рівні (рис. 3.18) свідчать, що лише заходами з організації дорожнього руху (дорожні знаки з облямівкою, дорожня розмітка 1.14.3 та шумові смуги) неможливо досягти зниження швидкості руху до прийнятних 50 км/год. Навіть у випадку, коли водій вчасно зреагує на появу пішохода та загальмує перед переходом, він ризикує потрапити в ДТП внаслідок наїзду ззаду, спричиненого менш уважним

водієм (табл. 1.5 та табл. 1.6).

Крім того, аварійні ситуації частіше виникають в місцях так званої «підвищеної соціальної активності» (3.2.8). Наприклад, на ділянці від км 89+000 до км 106+000 а/д М-06 спостерігається висока концентрація точок стихійної торгівлі. Оскільки імпровізовані прилавки влаштовуються продавцями найчастіше на узбіччі та на бар'єрному огородженні, водії транспортних засобів знижують швидкість, роздивляючись асортимент, а у випадку зацікавленості у здійсненні покупки різко гальмують та зупиняють транспортні засоби в межах проїзної частини, часто неочікувано для інших учасників дорожнього руху.

Таблиця 3.16 – Середньорічна добова інтенсивність руху на а/д М-06 від км 14+080 до км 128+600 станом на травень 2017 року [41]

Від км +	До км +	Кількість транспортних засобів, авто/добу
21+900	24+720	38 057
24+720	35+000	28 265
35+000	51+580	22 179
51+580	68+430	19 038
68+430	86+356	19 027
86+356	103+050	14 636
103+050	120+160	12 619
120+160	128+600	19 428

Крім того, моделювання поведінки водія [102] дозволяє окреслити гіпотетичну зону комфорту водія (рис. 3.19), яка обмежується кривими прийнятних сил прискорення (коли водій натискає на педаль газу) та сповільнення (коли водій натискає на гальма). Початок координат на графіку (рис. 3.19) являє собою потенційну небезпеку або перешкоду, а осі показують відповідно відстань до цієї перешкоди та швидкість наближення до неї. Звичайне гальмування, як правило, призводить до зусиль порядку 0,3 g, а різке – 0,6 g. Водій, який піклується про власний комфорт (і комфорт своїх пасажирів), як правило, прагне якомога довше утримуватись у зоні комфорту, уникаючи різких прискорень та ситуацій, які можуть вимагати різкого гальмування.

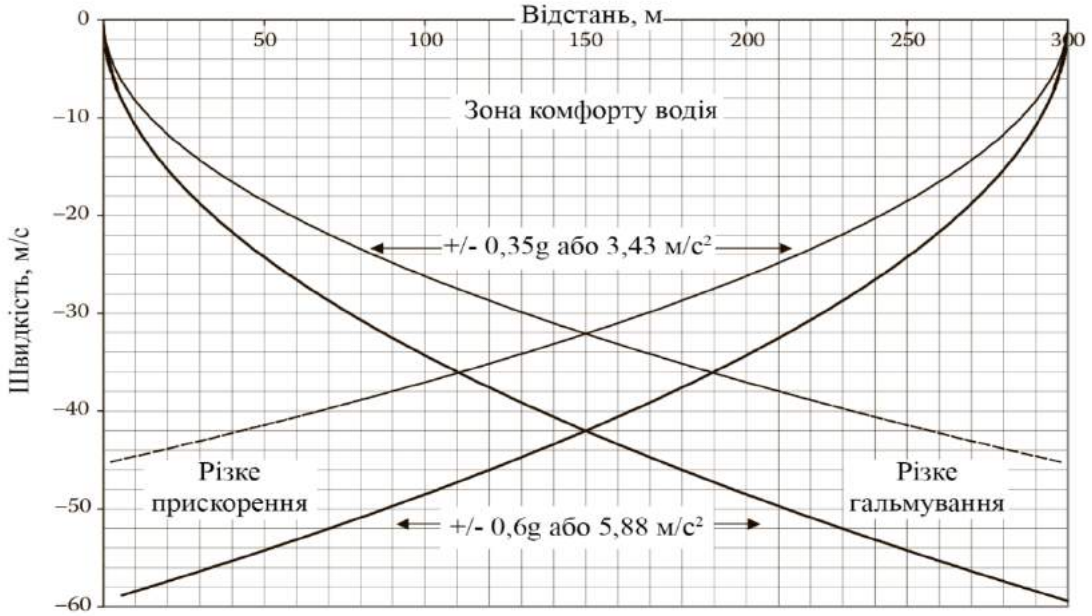


Рисунок 3.19 – Гіпотетична зона комфорту водія [102]

Таким чином, аналіз записів про рух окремих автомобілів можна дещо спростити (рис. 3.20), якщо фіксувати лише небезпечні прискорення або сповільнення (рис. 3.19).

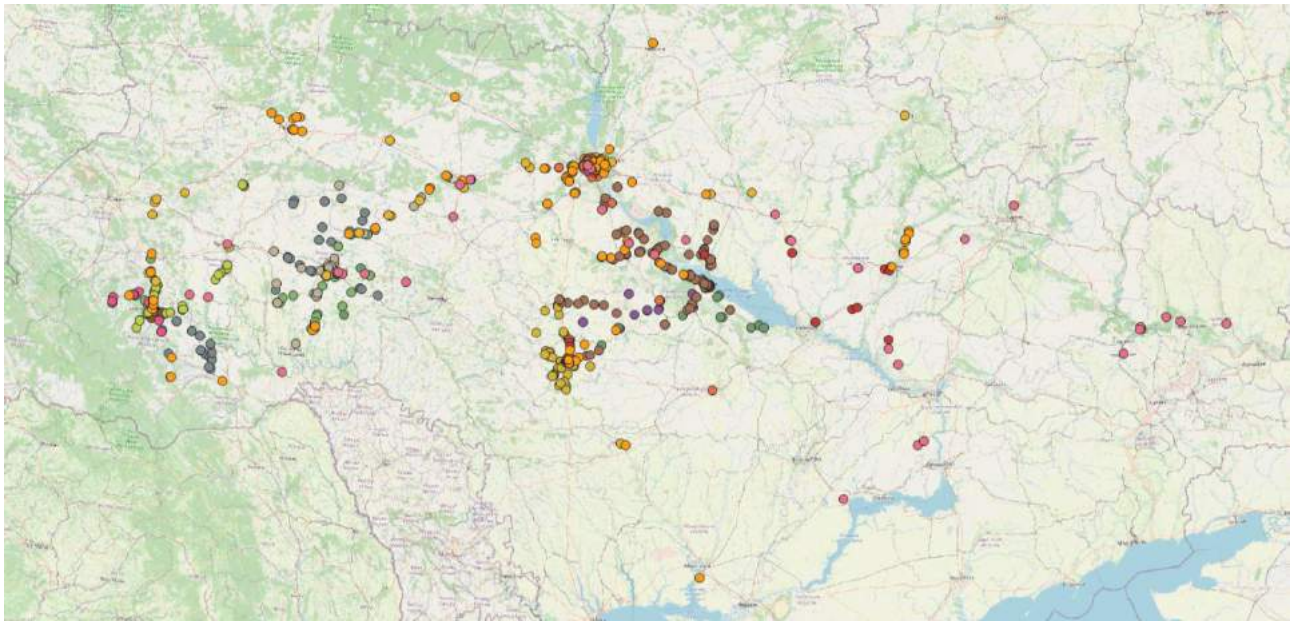
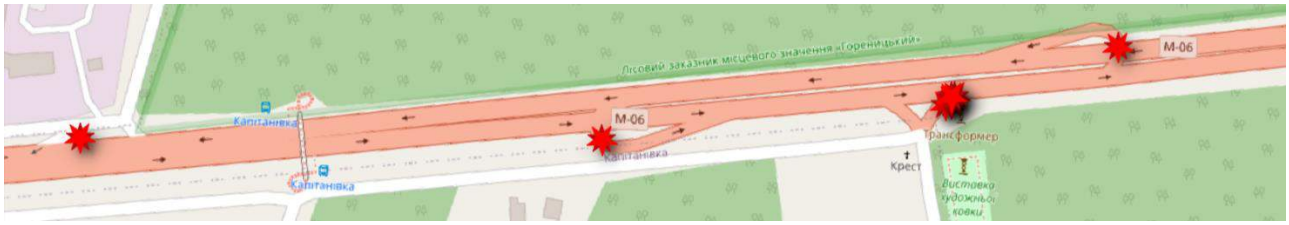


Рисунок 3.20 – Координати місць фіксації небезпечних прискорень та сповільнень (картографічні дані надано OpenStreetMap)

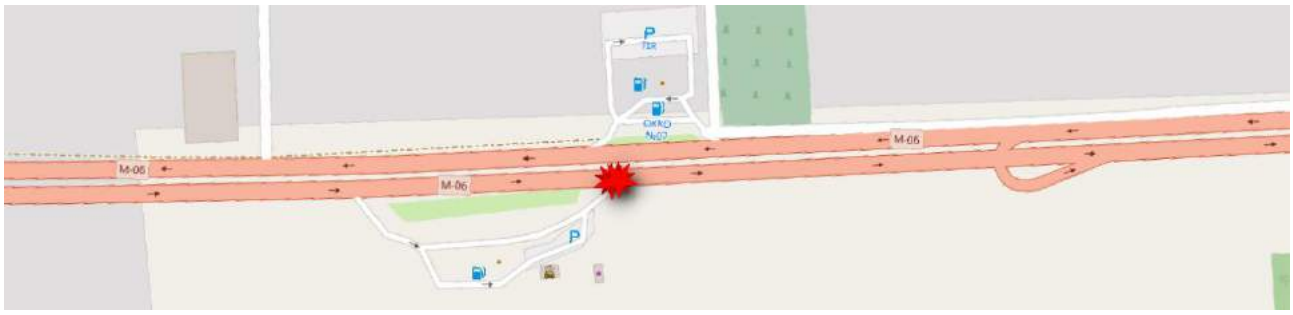
Приклади місць фіксації небезпечних прискорень та сповільнень на автомобільній дорозі М-06 наведені на рис. 3.21.

а



б

в

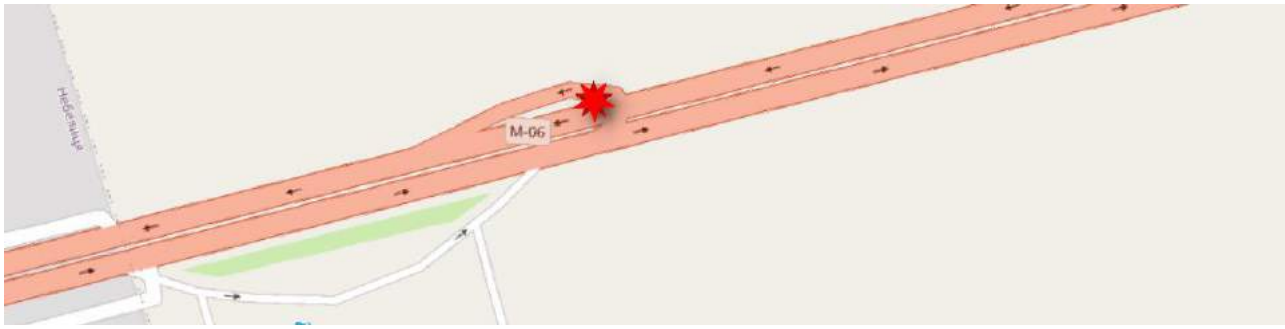


г

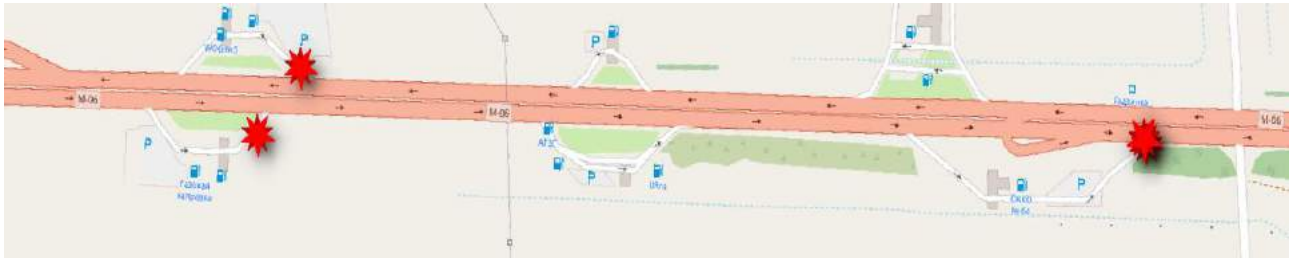
д

Рисунок 3.21 – Місця фіксації небезпечних прискорень та сповільнень на а/д М-06 в проміжку від грудня 2019 року до березня 2020 року

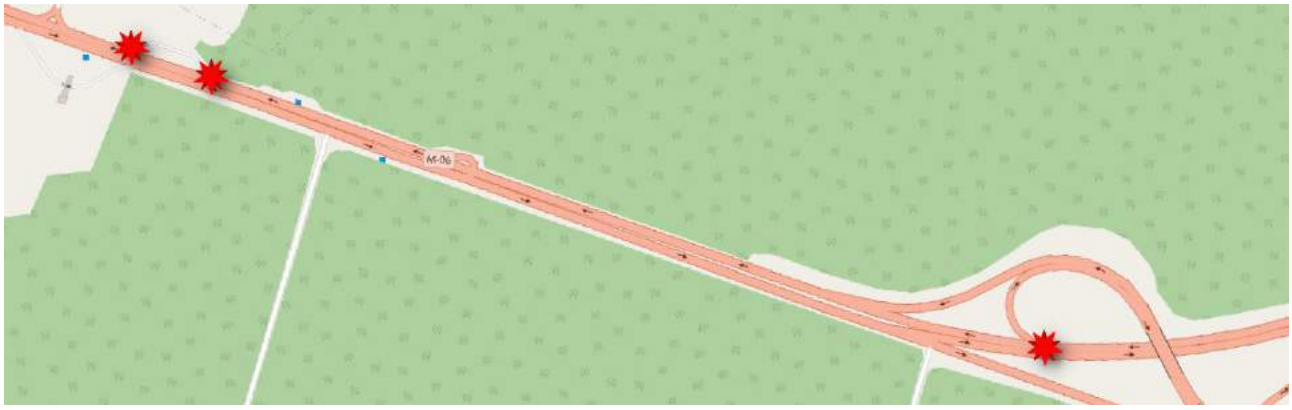
а – на перехресті км 21+780; *б* – на ділянці від км 23+400 до км 24+200; *в* – на ділянці від км 36+620 до км 37+095; *г* – на ділянці від км 48+900 до км 49+600; *д* – на ділянці від км 50+500 до км 51+100 (продовження на наступній сторінці)



е



є

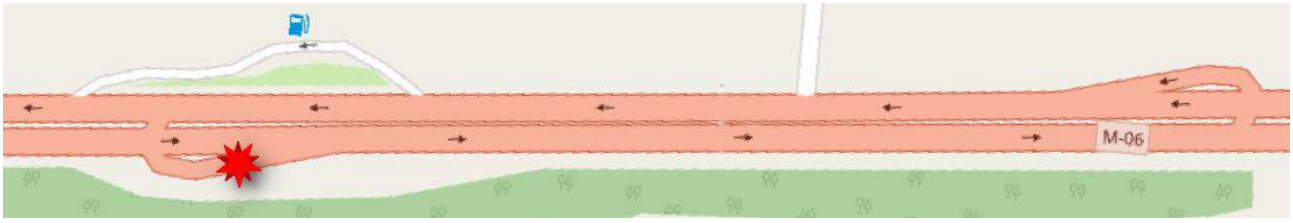


ж

з

Рисунок 3.21 (продовження)

е – на ділянці від км 65+500 до км 66+000; *є* – на ділянці від км 127+000 до км 128+000; *ж* – на ділянці від км 152+200 до км 154+500; *з* – на ділянці від км 219+800 до км 220+800



и

і

ї

Рисунок 3.21 (кінець)
и – на ділянці від км 311+400 до км 312+100; *і* – на ділянці від км 320+200 до км 322+200; *ї* – на ділянці від км 460+700 до км 461+000

Для візуального та геопросторового аналізу, Великі дані крім всього можуть бути накладені на картографічну основу (рис. 3.22 - 3.24). Розподіл небезпечних кривих (R<500 м), спусків та підйомів (понад 40 проміле), а також окремих ДТП дозволяє прослідкувати залежність ймовірності виникнення аварійних ситуацій від геометричних параметрів дороги (рис. 3.22).

Таким чином, технології Великих даних можуть бути використані для оцінювання проектних рішень з будівництва автомобільних доріг на безпеку руху, оцінювання ефективності заходів з організації дорожнього руху, в тому числі і заспокоєння дорожнього руху (рис. 3.23), а також для прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг.

Порівняння місць настання ДТП (рис. 3.24) вкотре акцентує увагу на потребі

фіксації просторових координат у картці обліку ДТП, а також на потребу в окремому полі цієї картки, яке вказуватиме напрям руху транспортних засобів. Це дозволить суттєво полегшити машинну обробку даних, оскільки аварійні ситуації можуть відрізнятись за напрямками руху не тільки на автомобільних дорогах Іа та Іб категорій.

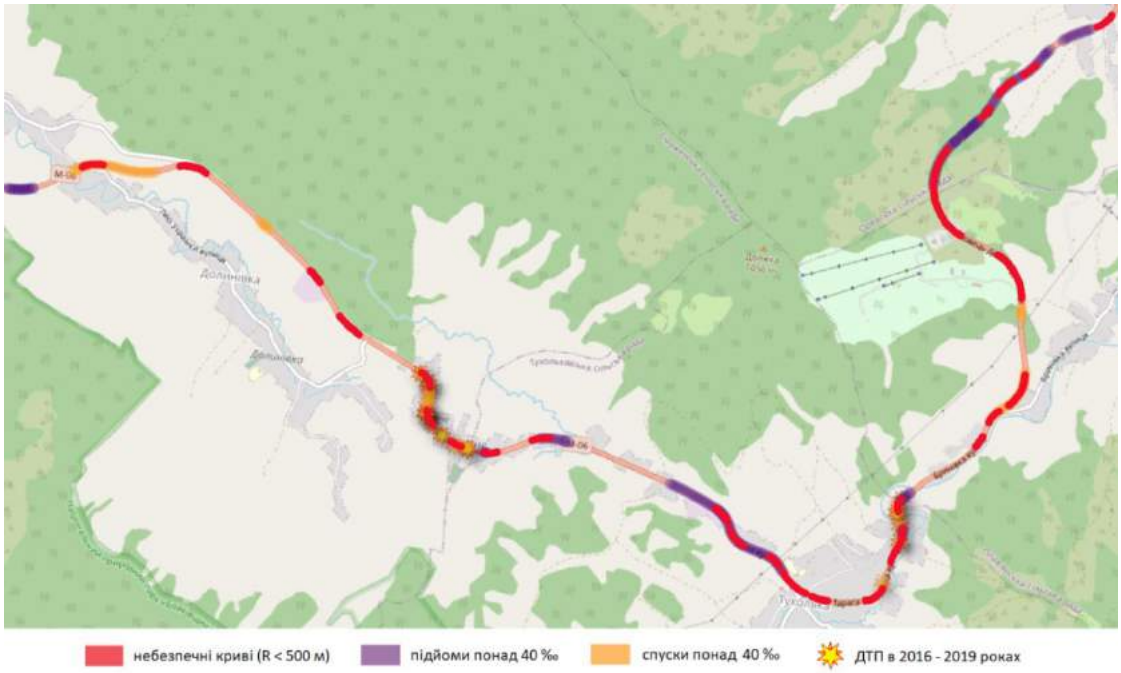


Рисунок 3.22 – Розподіл небезпечних кривих, спусків та підйомів, а також окремих дорожньо-транспортних пригод (ДТП) в місцях концентрації ДТП на а/д М-06 від км 676+000 до км 690+000 (картографічні дані надано OpenStreetMap)

Рисунок 3.23 – Розподіл швидкостей на перехресті з рухом по колу на автомобільній дорозі М-06 км 772+135 (картографічні дані надано Візіком)

Рисунок 3.24 – Порівняння місць настання дорожньо-транспортних пригод на а/д М-06 від км 23+400 до км 24+200 за даними Національної поліції та Waze (картографічні дані надано OpenStreetMap)

Підсумовуючи написане, стає зрозуміло, що ДТП є трагічним завершенням аварійної ситуації, вирішальним фактором виникнення якої є людський. А чим вища швидкість руху, тим більшою є ціна водійської помилки. Тобто, відсутність ДТП на тій чи іншій ділянці дороги не є підставою, щоб відмовитись від аналізу умов руху на ній.

Використання наведених вище технологій дасть змогу зменшити кількість ДТП, перерозподілити транспортні потоки для зменшення зносу дорожнього покриття та, в подальшому, прогнозувати аварійно-небезпечні ситуації на мережі автомобільних доріг, аналізуючи параметричні характеристики кожного елемента системи ВАДСІ.

3.7 Раціональна організація транспортних потоків за допомогою технології Великих даних про розподіл транспортних засобів смугами руху

Як було вказано в п. 3 табл. 2.1, під час розрахунку конструкції дорожнього одягу використовують коефіцієнт $f_{смуги}$, який враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них (табл. 3.17).

Таблиця 3.17 – Значення коефіцієнта $f_{смуги}$ табл. 6.3 [12]

Кількість смуг руху	Значення коефіцієнта $f_{смуги}$ для смуги за номером*			
	1	2	3	4
1	1,00	–	–	–
2	0,55	–	–	–
3	0,35	0,20	–	–
4	0,35	0,20	–	–
6	0,30	0,20	0,05	–
8	0,25	0,15	0,10	0,05
* Номер смуги рахується від узбіччя за напрямком руху.				

За даними WIM, за період з 01.06.2020 до 28.12.2020 на українських дорогах зафіксований наступний розподіл транспортних засобів (табл. 3.18).

Таблиця 3.18 – Фактичний розподіл транспортних засобів за смугами руху за даними WIM

Точка обліку	Напрям руху	Кількість транспортних засобів, од	Фактичний розподіл, %, за номером смуги	
			2 (крайня ліва)	1 (крайня права)
			всього / за групами*	всього / за групами*
WIM1 - М-06 км 24+130	Київ	2 014 068	37,05 / 63,99-28,19-7,33-0,49	62,92 / 28,71-38,89-32,08-0,32
WIM2 - М-06 км 54+336	Київ	673 521	8,01 / 28,74-23,65-42,53-5,08	91,98 / 10,45-26,82-61,55-1,18
WIM2 - М-06 км 54+336	Чоп	733 893	10,83 / 23,86-34,50-38,02-3,62	89,14 / 5,07-34,97-58,42-1,54
WIM3 - М-03 км 80+939	Київ	559 547	8,68 / 15,78-43,52-38,17-2,53	91,32 / 3,45-31,86-63,20-1,49
WIM3 - М-03 км 80+939	Харків	572 113	9,81 / 19,04 41,06 37,42 2,48	90,19 / 3,69-31,08-64,06-1,17
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бориспіль	708 752	11,85 / 48,33-29,40-22,03-0,24	88,15 / 13,76-35,31-50,12-0,81
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бровари	275 622	18,50 / 45,27-32,65-21,66-0,42	81,50 / 10,76-35,02-53,30-0,92
WIM5 - М-05 км 36+304	Київ	843 683	32,46 / 62,24-30,59-6,31-0,86	67,54 / 28,92-35,00-34,96-1,12
WIM5 - М-05 км 36+304	Одеса	429 618	18,11 / 34,20-34,87-27,36-3,57	81,89 / 10,49-34,06-53,61-1,84
WIM11 - М-06 км 246+008	Київ	2 703**	27,12 / н/с***	72,88 / н/с
WIM11 - М-06 км 246+008	Чоп	1 646**	7,35 / н/с	92,65 / н/с
* легкові – вантажні – автопоїзди – автобуси ** з 23.12.2020 до 28.12.2020 *** не сертифікований – класифікація транспортних засобів здійснюється з похибкою				

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що підхід до розрахунку показників табл. 6.3 [12] потребує перегляду.

3.8 Підвищення безпеки руху з урахуванням Великих даних про геометричні параметри транспортних засобів

Довжина транспортних засобів є важливим параметром для моделювання транспортного потоку на мікроскопічному та макроскопічному рівнях. Довжина транспортних засобів взагалі та кожен геометричний параметр зокрема є визначальними під час проектування елементів автомобільної дороги, наприклад, кривих у плані та профілі, ширини смуги руху, розширень на кривих, місць для зупинки та стоянки транспортних засобів тощо. Крім того, проведені дослідження відзначають ситуаційну зміну габаритів транспортних засобів залежно від часу доби та місця проведення спостережень [129], від потреб учасників руху [97], вплив довгомірних транспортних засобів (вантажівок та автопоїздів) на безпеку дорожнього руху [105, 128].

Як було вказано в п. 5 та 6 табл. 2.3, для моделювання транспортного потоку використовуються наступні дожини транспортних засобів: легковики – 4,2 м, вантажівки – 7,0 м, автопоїзди – 14,0 м та автобуси – 10,5 м.

За даними WIM [76], за період з 01.06.2020 до 28.12.2020 на українських дорогах зафіксовані наступні довжини транспортних засобів (рис. 3.25 – 3.34). Похибка вимірювань становить 2 %.

На підставі аналізу отриманих даних, для подальшого моделювання транспортного потоку пропонується використовувати наступні дожини транспортних засобів: легковики – 3,6 м, вантажівки – 6,2 м, автопоїзди – 14,4 м та автобуси – 11,9 м.

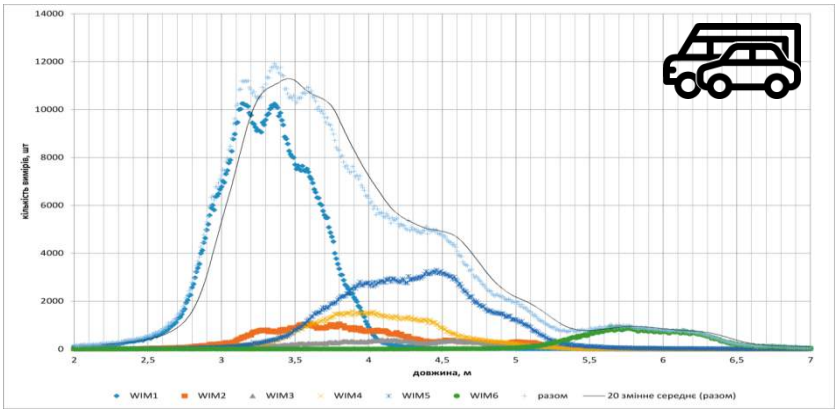


Рисунок 3.25 – Довжини легкових автомобілів та мікроавтобусів

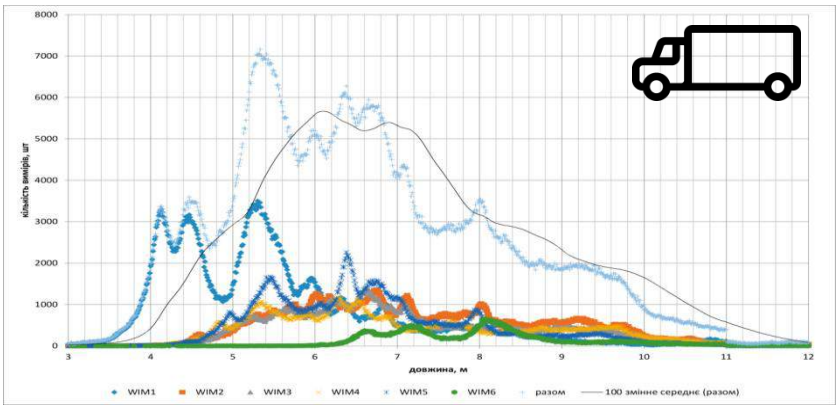


Рисунок 3.26 – Довжини двовісних вантажних автомобілів

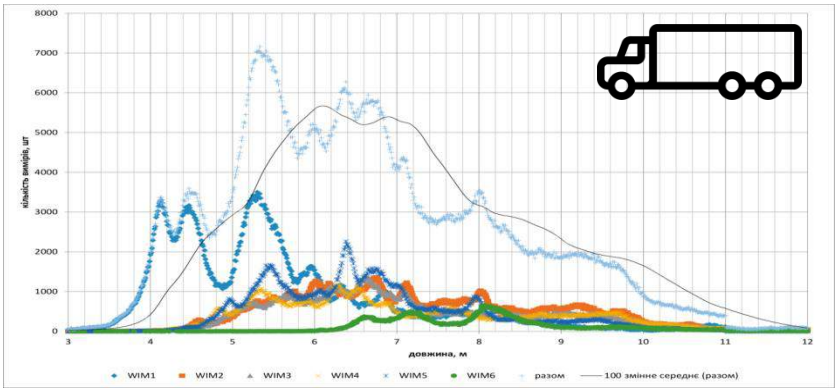


Рисунок 3.27 – Довжини тривісних вантажних автомобілів

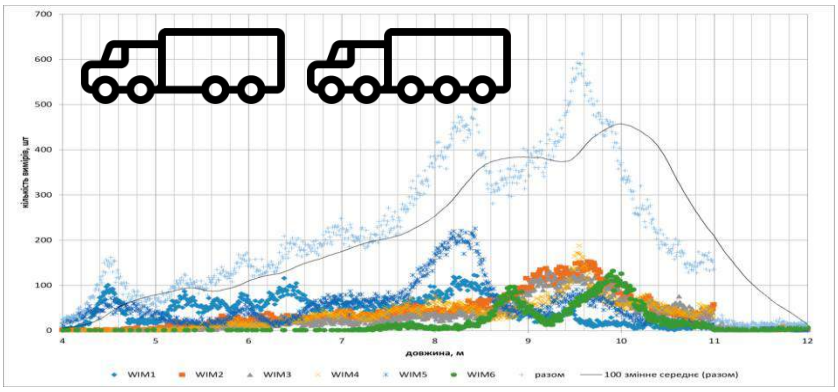


Рисунок 3.28 – Довжини чотиривісних та п’ятивісних вантажних автомобілів

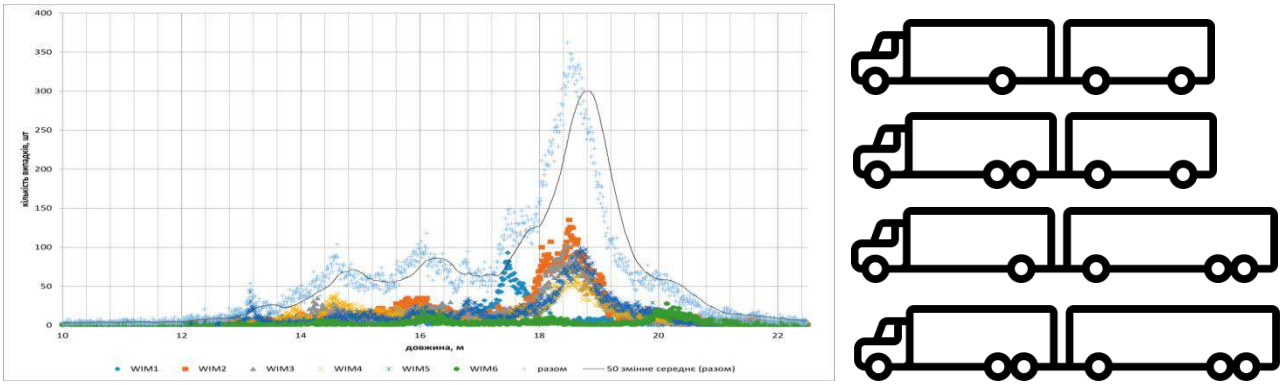


Рисунок 3.29 – Довжини двовісних та тривісних вантажних автомобілів з двовісними та тривісними причепами

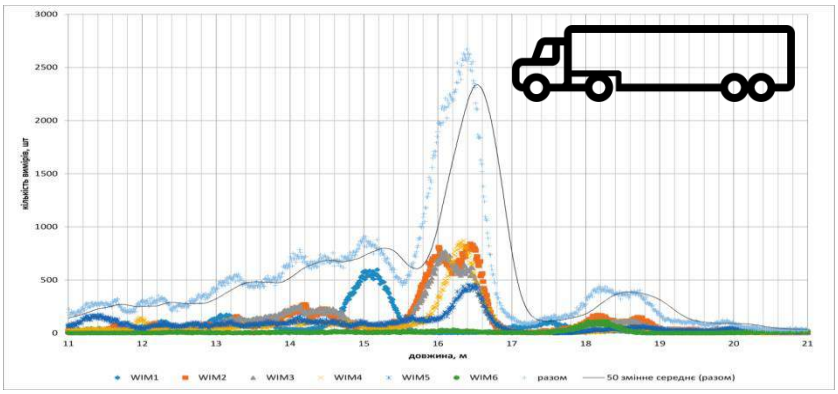


Рисунок 3.30 – Довжини двовісних тягачів з двовісними напівпричепами

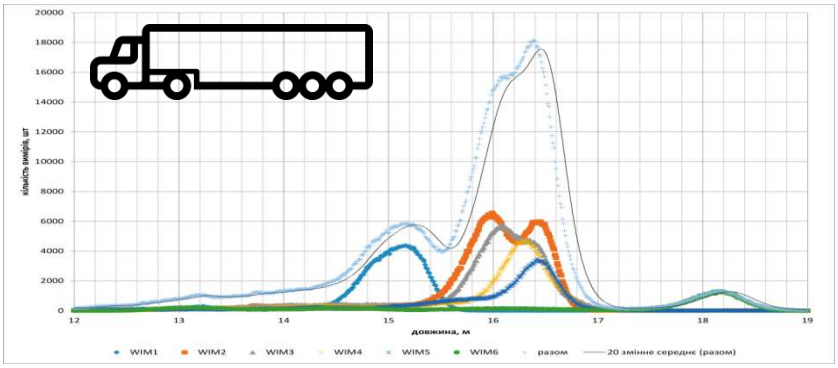


Рисунок 3.31 – Довжини двовісних тягачів з тривісними напівпричепами

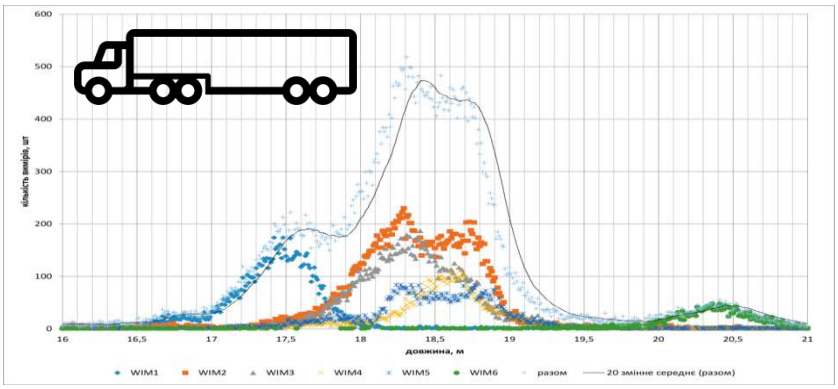


Рисунок 3.32 – Довжини тривісних тягачів з двовісними напівпричепами

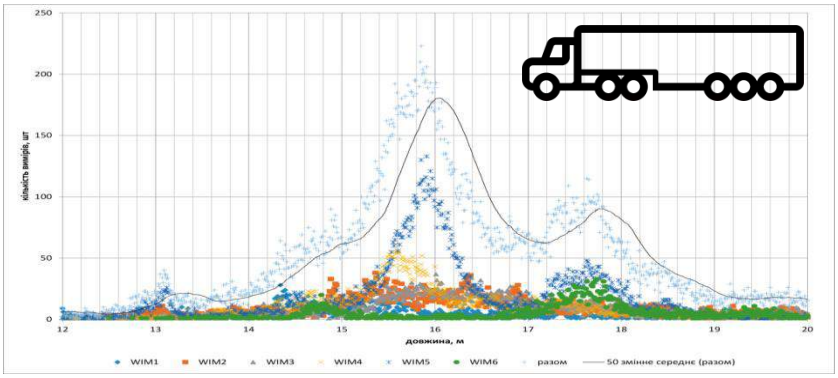


Рисунок 3.33 – Довжини тривісних тягачів з тривісними напівпричепами

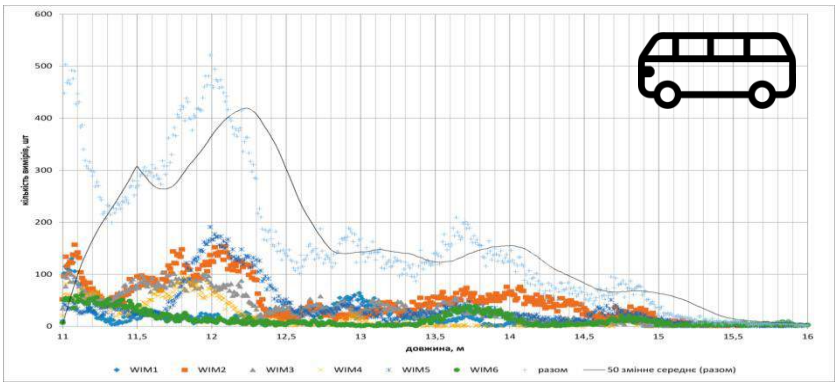


Рисунок 3.34 – Довжини автобусів

Аналіз отриманих даних (рис. 3.25 – 3.34) показує, що основними складовими транспортного потоку в Україні є легкові автомобілі, мікроавтобуси, двовісні та тривісні вантажні автомобілі, а також автопоїзди, що складаються з двовісних тягачів та двовісних або тривісних напівпричепів.

Отримані результати довжин транспортних засобів були використанні у подальших розрахунках і актуалізації Великих даних.

Висновки до розділу 3

1. Досліджено, що система ВАДСІ має динамічний характер функціонування в умовах реального дорожнього руху та сучасної транспортної інфраструктури, тобто прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг вимагає моніторингу та обробки великих масивів даних в умовах реального часу, що стає можливим з використанням інформаційних технологій Великих даних.

2. Встановлено підходи до визначення швидкості руху транспортних потоків на ділянках з різноманітними дорожніми умовами. Для подальшої оцінки відповідності існуючих дорожніх умов вимогам транспортних потоків має бути забезпечена безпечна швидкість.

3. Підвищення безпеки поведінки учасників дорожнього руху можливе на основі використання Великих даних про швидкість руху. Отримані у дисертаційній роботі результати можуть бути використані для актуалізації

залежностей швидкості руху від факторів, що на неї впливають, а також для прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг, калібрування інструментів моделювання та виконання розрахунків.

4. Розроблено метод розрахунку просторової видимості на автомобільній дорозі.

5. Визначено, що за допомогою технології Великих даних та на основі «спрощеної» просторової моделі можливо здійснення аналізу та прийняття відповідних рішень щодо прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій, спричинених геометричними параметрами автомобільної дороги.

6. Використання наведених вище технологій дасть змогу зменшити кількість ДТП, перерозподілити транспортні потоки для зменшення зносу дорожнього покриття та, в подальшому, прогнозувати аварійно-небезпечні ситуації на мережі автомобільних доріг, аналізуючи параметричні характеристики кожного елемента системи ВАДСІ.

Результати досліджень третього розділу викладено у наступних публікаціях [7, 9, 98].

РОЗДІЛ 4
ПРАКТИЧНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Розроблення програмного комплексу для прогнозування аварійно-небезпечних ділянок

У попередніх розділах було проведене математичне моделювання відповідності дорожніх умов вимогам сучасних транспортних потоків з безпеки руху. Сформульовані в ньому принципи залежності швидкості руху різних за інтенсивністю та складом транспортних потоків в різних дорожніх умовах є визначальними для створення апарату аналізу умов безпеки руху, прогнозування аварійно-небезпечних ситуацій та встановлення аварійно-небезпечних ділянок.

Кожен з етапів представлений окремим алгоритмом, які в рамках проведеного дослідження реалізовані в спеціалізованому програмному продукті (рис. 4.1). Загальна послідовність розрахунків та дій, які поетапно реалізують поставлену задачу з визначення показника невідповідності наведена на рис. 4.2.

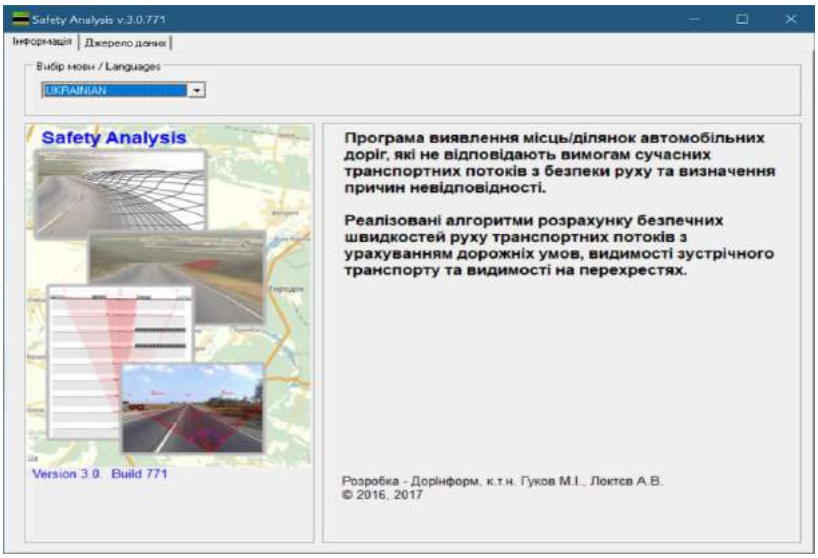


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд програмного комплексу [58]

Розрахункова база даних може бути представлена у вигляді наступного табличного аналогу (рис. 4.3). Всі умовні позначення змінних відповідають таким,

що наведені в 3.2. Окремі алгоритми наведені на рис. 4.4 – 4.11.

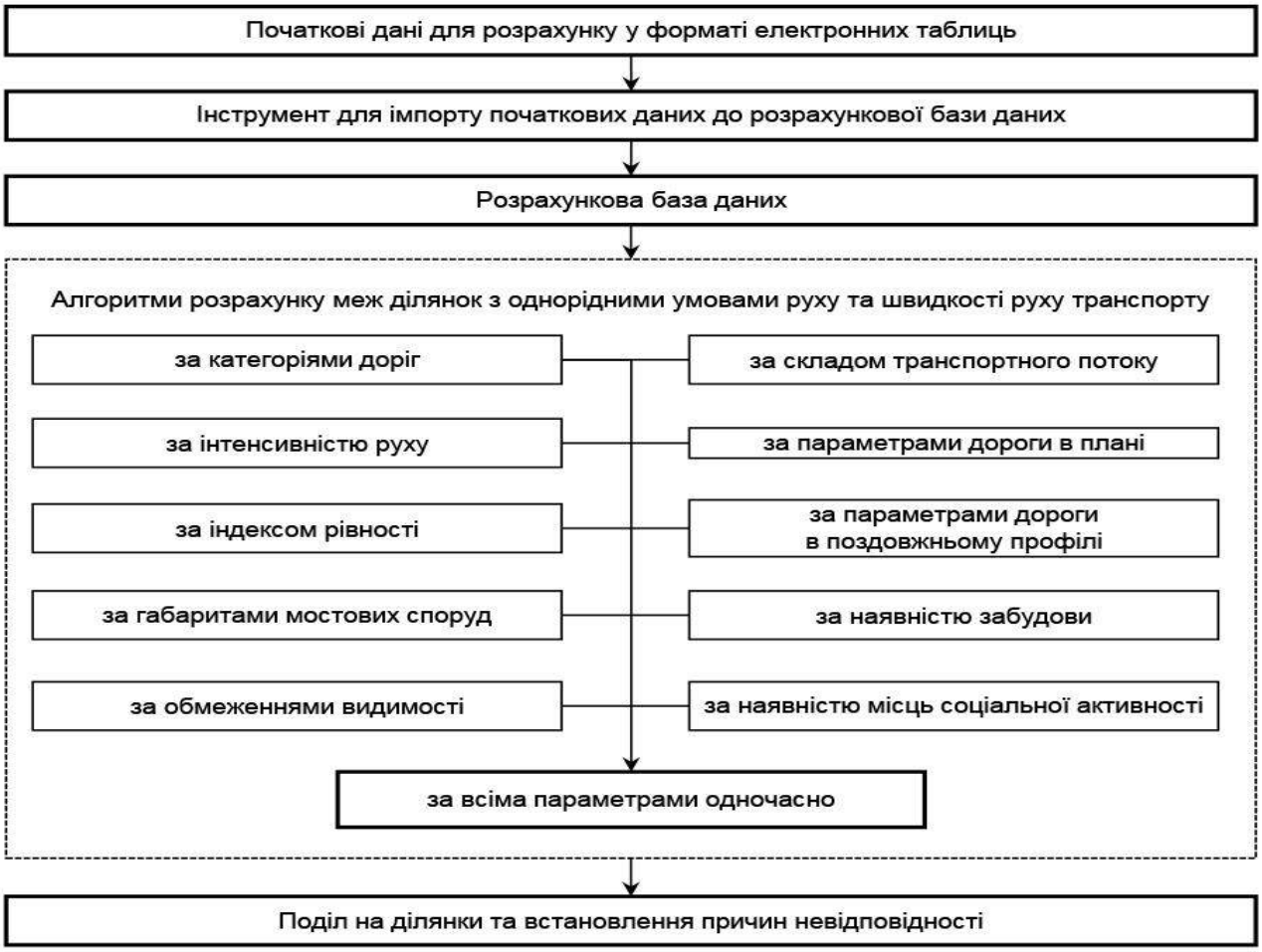


Рисунок 4.2 – Загальна блок-схема алгоритмів розрахунку показника невідповідності

№ попереч-ного профілю	Кілометрова прив'язка, км+	Середньорічна добова інтенсивність руху, авт/добу	Склад транспортного потоку, в частках від одиниці			
			легкові	вантажні	автобуси	авто поїзди
1	2	3	4	5	6	7

Радіус горизонтальної кривої, м	Повздовжній похил, в частках від одиниці	Показник рівності, см/км	Габарит мостової споруди, м	Наявність населеного пункта (так, ні)	Соціальна активність (так, ні)
8	9	10	11	12	13

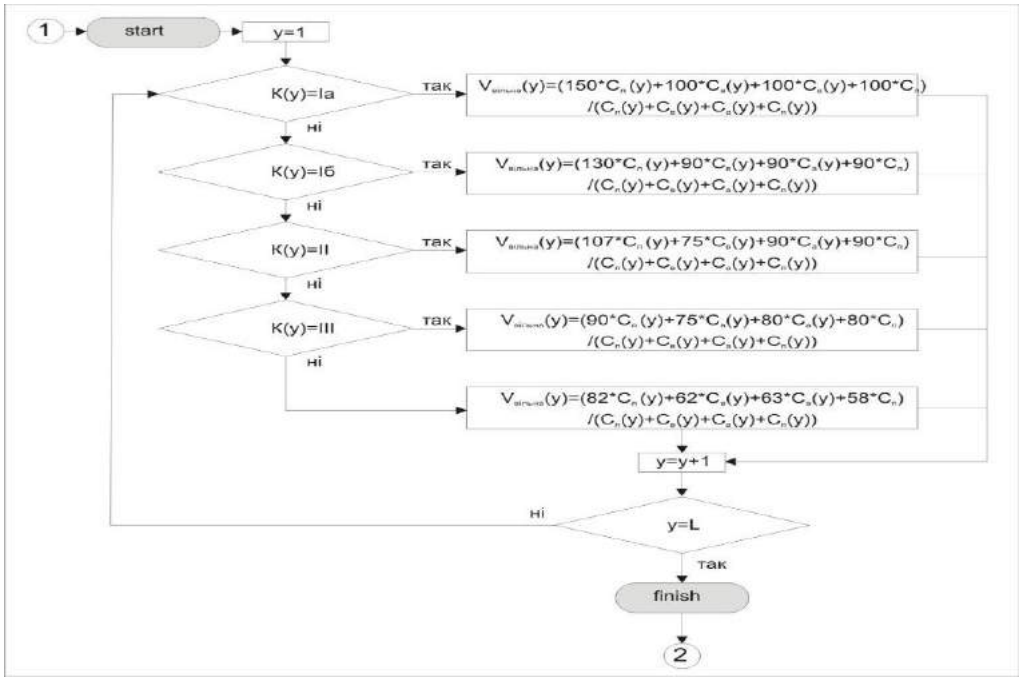
Незабезпечена видимість на перехресті (так, ні)	Незабезпечена видимість зустрічного транспорту (так, ні)	$V_{вільна}$	V_N	$V_{г.к}$	V_i	$V_{рівн.}$
14	15	16	17	18	19	20

$V_{мосту}$	$V_{н.п.}$	$V_{п.с.а.}$	$V_{видим.\ перехрестя}$	$V_{видим.\ з.т.}$	V_{min}	Причина зниження швидкості
21	22	23	24	25	26	27

Показник невідповідності, $П_н$	Гранично допустимий $П_н$	Причина невідповідності	Координати точок цифрової моделі											
			1			...			n-1			n		
			X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H
28	29	30	31			...			m-1			m		

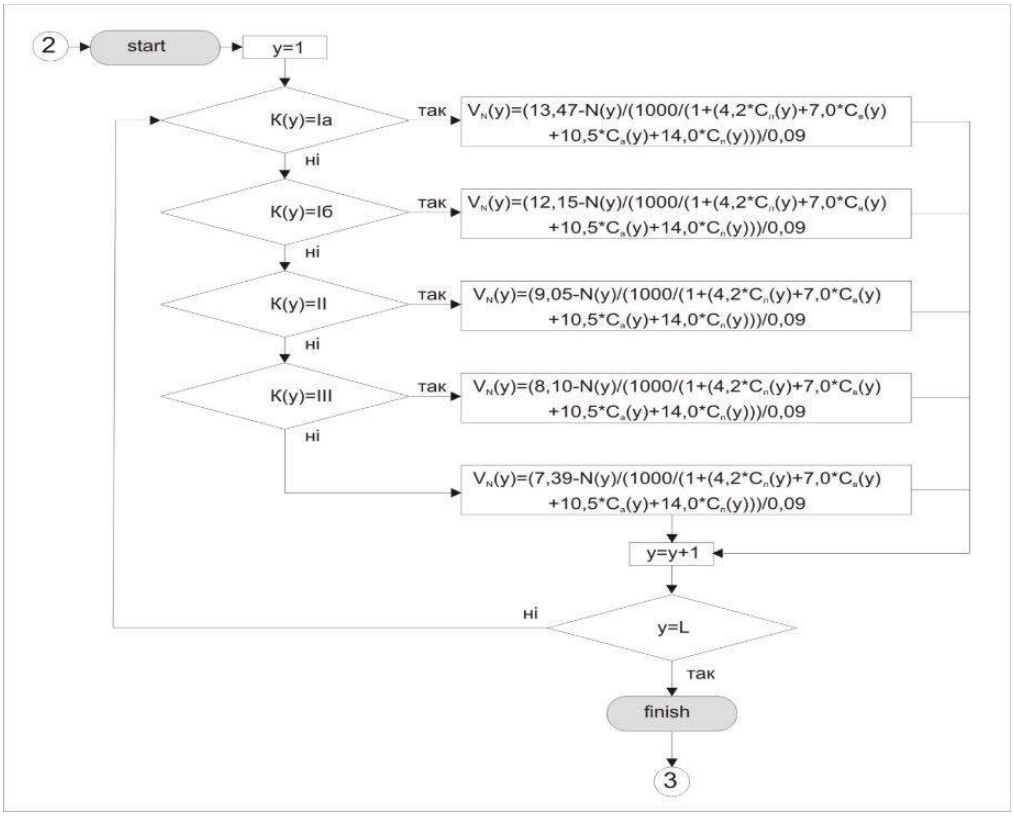
- початкові дані - результати розрахунків

Рисунок 4.3 – Схема організації даних в Розрахунковій базі даних



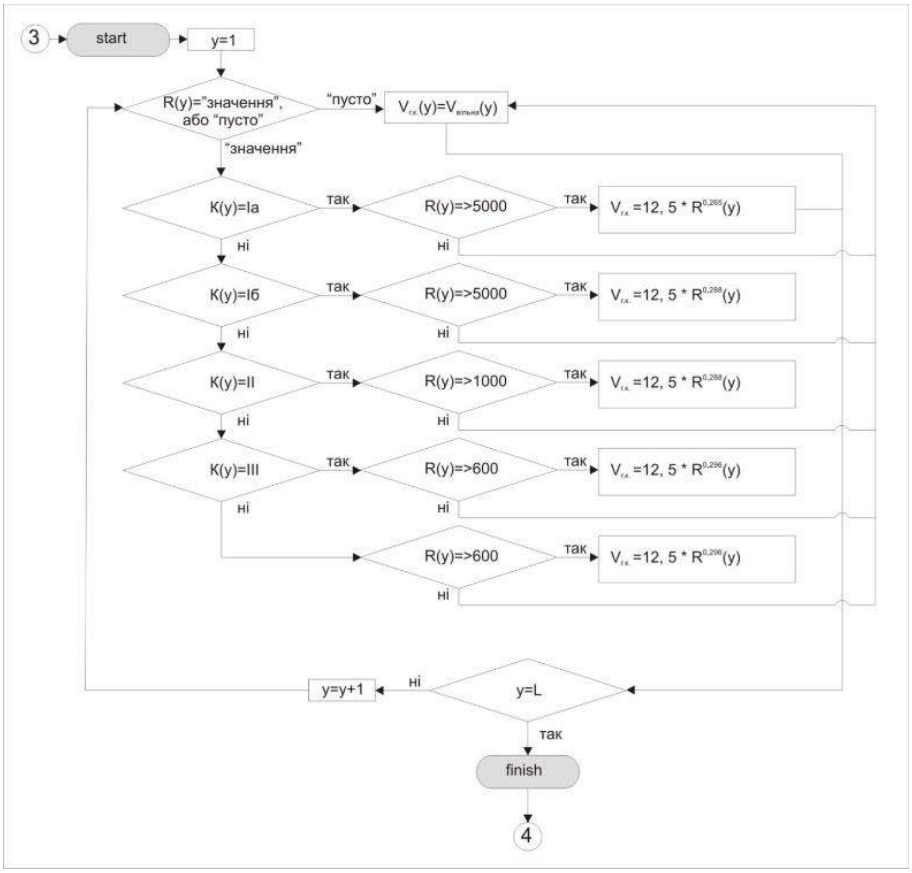
у – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги;$C_л$, $C_в$, $C_а$, $C_п$ – склад транспортного потоку, в частках від одиниці, легкових, вантажних, автобусів, автопоїздів, відповідно

Рисунок 4.4 – Алгоритм розрахунку вільної швидкості руху



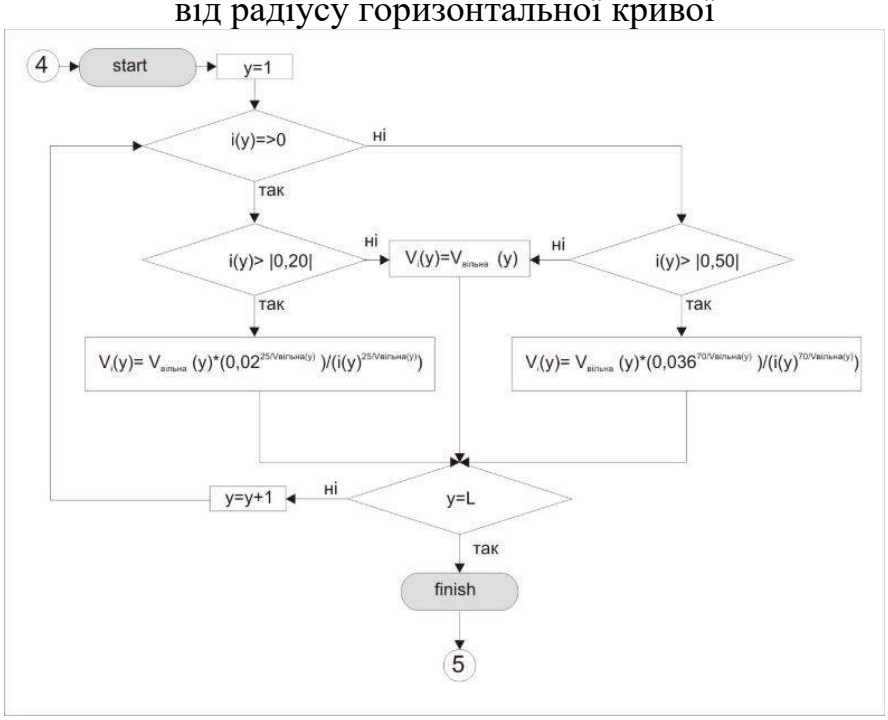
у – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; К(у) – категорія дороги в у-тій точці; $C_л$, $C_в$, $C_а$, $C_п$ – склад транспортного потоку, в частках від одиниці, легкових, вантажних, автобусів, автопоїздів, відповідно

Рисунок 4.5 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку певного складу в залежності від інтенсивності руху



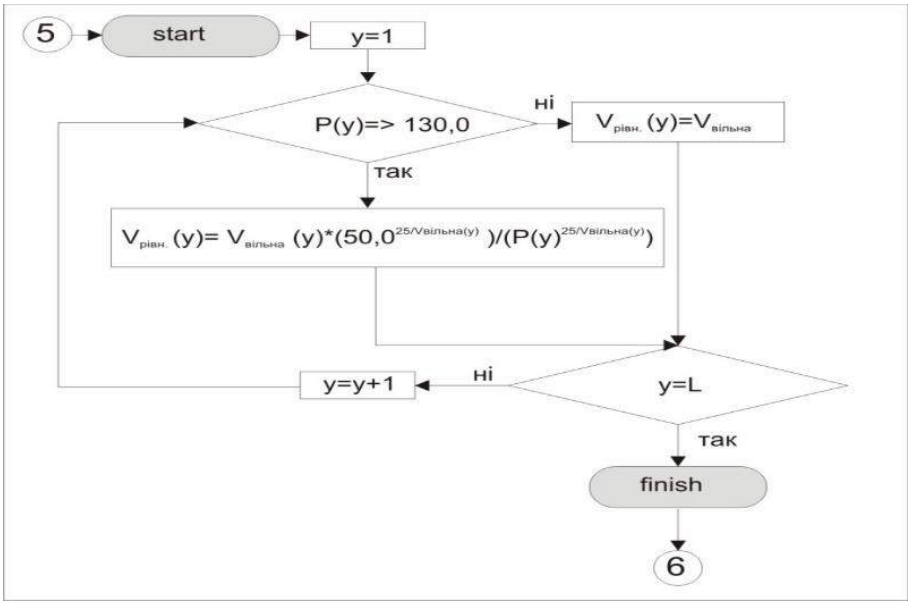
y – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; К(y) – категорія дороги в y-тій точці; R(y) – радіус горизонтальної кривої в y-тій точці

Рисунок 4.6 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку залежно від радіусу горизонтальної кривої



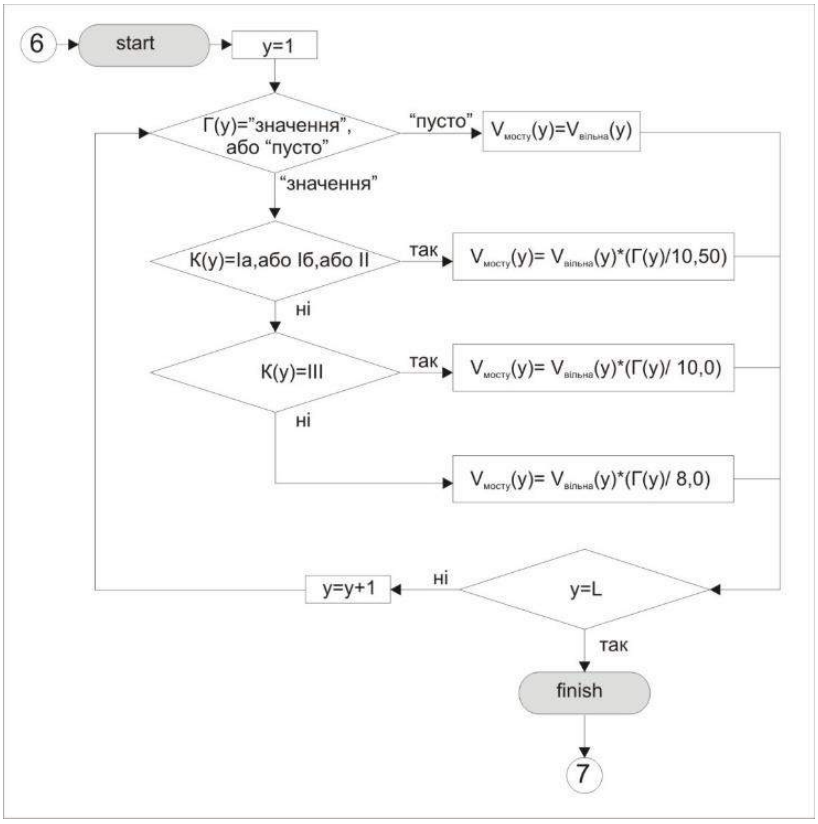
y – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; i(y) – поздовжній похил в y-тій точці

Рисунок 4.7 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку залежно від поздовжнього похилу



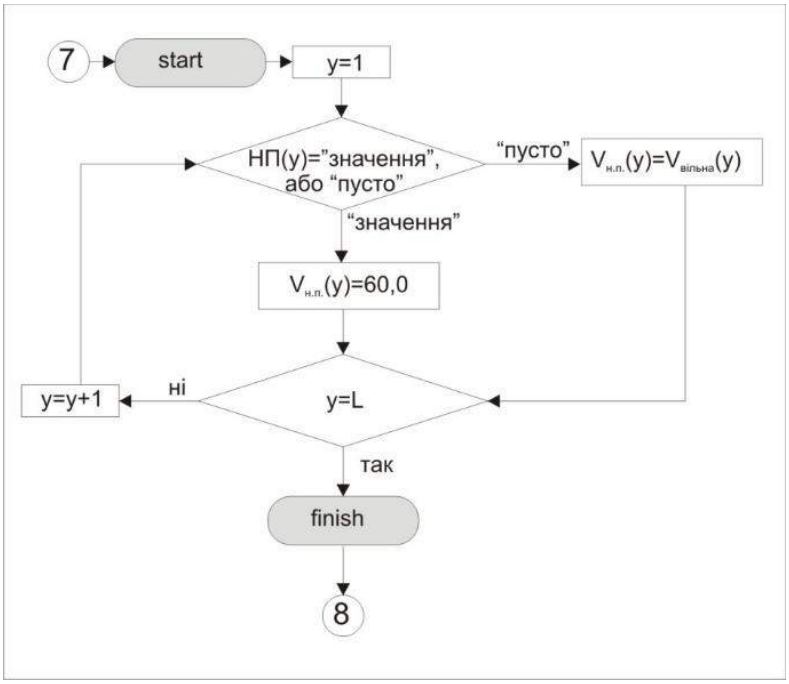
y – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; P(y) – величина показника рівності в y-тій точці

Рисунок 4.8 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку залежно від величини показника рівності



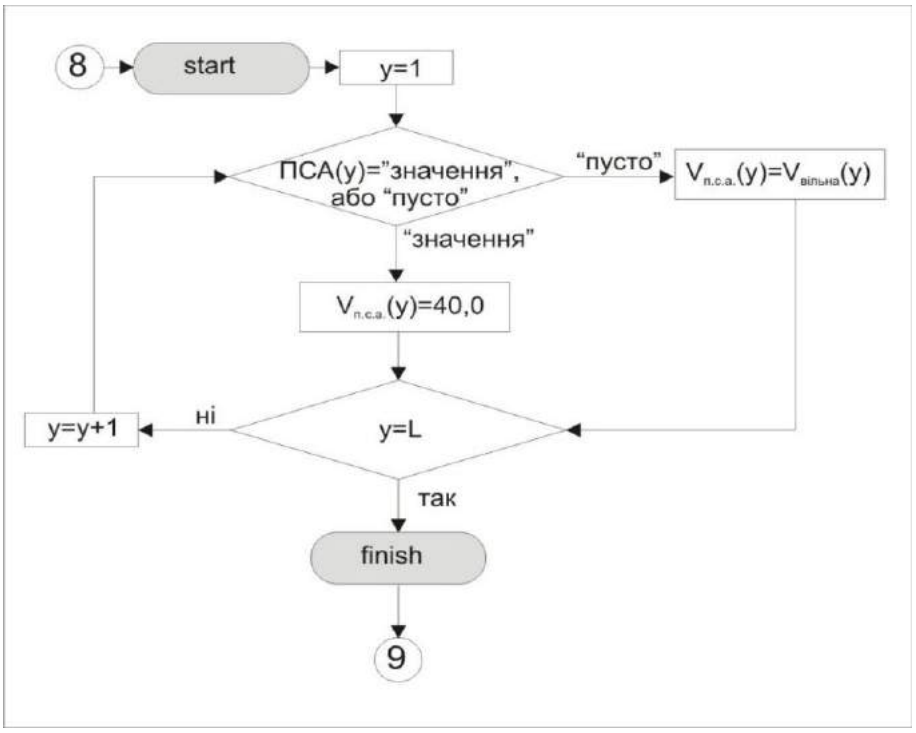
y – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; К(y) – категорія дороги в y-тій точці; Г(y) – величина габариту проїзної частини мостової споруди в y-тій точці

Рисунок 4.9 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку залежно від наявності та габариту мостової споруди



y – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; НП(y) – назва населеного пункту в y-тій точці

Рисунок 4.10 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку залежно від наявності населеного пункту



y – поточний номер рядка Розрахункової бази даних; L – кількість рядків для даної дороги; ПСА(y) – назва причини підвищеної соціальної активності в y-тій точці

Рисунок 4.11 – Алгоритм розрахунку швидкості транспортного потоку залежно від наявності місця підвищеної соціальної активності

Для перевірки умов видимості на перехрестях в одному рівні, як з автомобільними дорогами, так і з залізницею, необхідні додаткові дані стосовно цих комунікацій. А саме, повздовжні профілі по вісі цих комунікацій в межах 120 м праворуч та ліворуч від точки перетину (з кроком в 5 м). Перевірка починається на 300 метровій відстані від перехрестя. Вказані вище параметри відповідають найбільш небезпечним умовам – вільний рух легкового автомобіля зі швидкістю 150 км/год.

Початковими даними для цього алгоритму є:

- цифрова модель вісі правого проїзду основної дороги

Номер поперечного профіля	Положення, м	Координати		
		X	Y	H
q	M_q			
q+1	M_{q+1}			
.....				
d-1	M_{d-1}			
d	M_d			

де M_q – положення вісі перехрестя, м;

$M_q - M_{d-1} < 300$ м, а $M_q - M_d > 300$ метрів.

- цифрова модель вісі другорядної дороги, яка перетинається з основною

Місце розташування, від точки перетину	ліворуч									праворуч								
Відстань від точки перетину, м	120			.....			5			5			.....			120		
№ точки	1			.....			16			17			.....			32		
Координати	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H

Видимість буде забезпечена при умові, що промінь зору водія, який по черзі зосереджується на кожній точці другорядної дороги з певним перевищенням, не зустріне будь-яку перешкоду у вигляді «денної поверхні» (рис. 3.12) поперечних профілів дороги та навколишнього середовища (рис. 4.3). Для автомобільних

доріг приймається перевищення 1,4 м (на 10 см менше найнижчого серійного легкового автомобіля), для нерегульованих залізничних переїздів приймається перевищення 3,0 м.

Якщо умова видимості не виконується хоча б для однієї точки, вважається, що на даній відстані від перехрестя/переїзду видимість не забезпечена. Точка зору водія переміщується ближче до точки перетину (рис. 3.6 - 3.7) і перевірка повторюється.

Для дистанції, що забезпечує умови видимості, розраховується відповідна швидкість руху, де дистанція являється шляхом гальмування. Така швидкість руху вважається безпечною і заноситься до розрахункової таблиці (рис. 4.3). Ця величина безпечної швидкості руху розповсюджується на всю ділянку дороги за 300 м до точки перетину.

Розрахунки видимості на перехресті здійснюються окремо для прямого та зворотного напрямків руху. Блок-схема алгоритму наведена на рис. 4.12.

Перевірка умов забезпечення просторової видимості зустрічного транспорту проводиться при найбільш несприятливих умовах - зустрічні транспортні засоби є легковими автомобілями, які рухаються зі швидкістю 110 км/год.

Алгоритм зводиться до ітераційних перевірок відстані виконання умови видимості зустрічного транспортного засобу та визначення положення перешкоди зору водія за формулами (3.15) – (3.19).

Блок-схема алгоритму наведена на рис. 4.13. Розрахунки виконуються для прямого і зворотного напрямків руху.

Безпечною, в конкретних дорожніх умовах, визнається мінімальна зі швидкостей, визначених для окремих параметрів дорожніх умов. Ця мінімальна швидкість вказує на первісну причину – той фактор, що зумовлює зниження швидкості руху. Таким чином, для кожного поперечного перерізу (рис. 4.3) буде наведена причина зниження швидкості в порівнянні зі швидкістю вільного руху $V_{вільна}$ та величина швидкості руху транспортного потоку, яка в даних умовах вважається однаково прийнятною для всіх транспортних засобів потоку та безпечною.

Блок-схема алгоритму наведена на рис. 4.14.

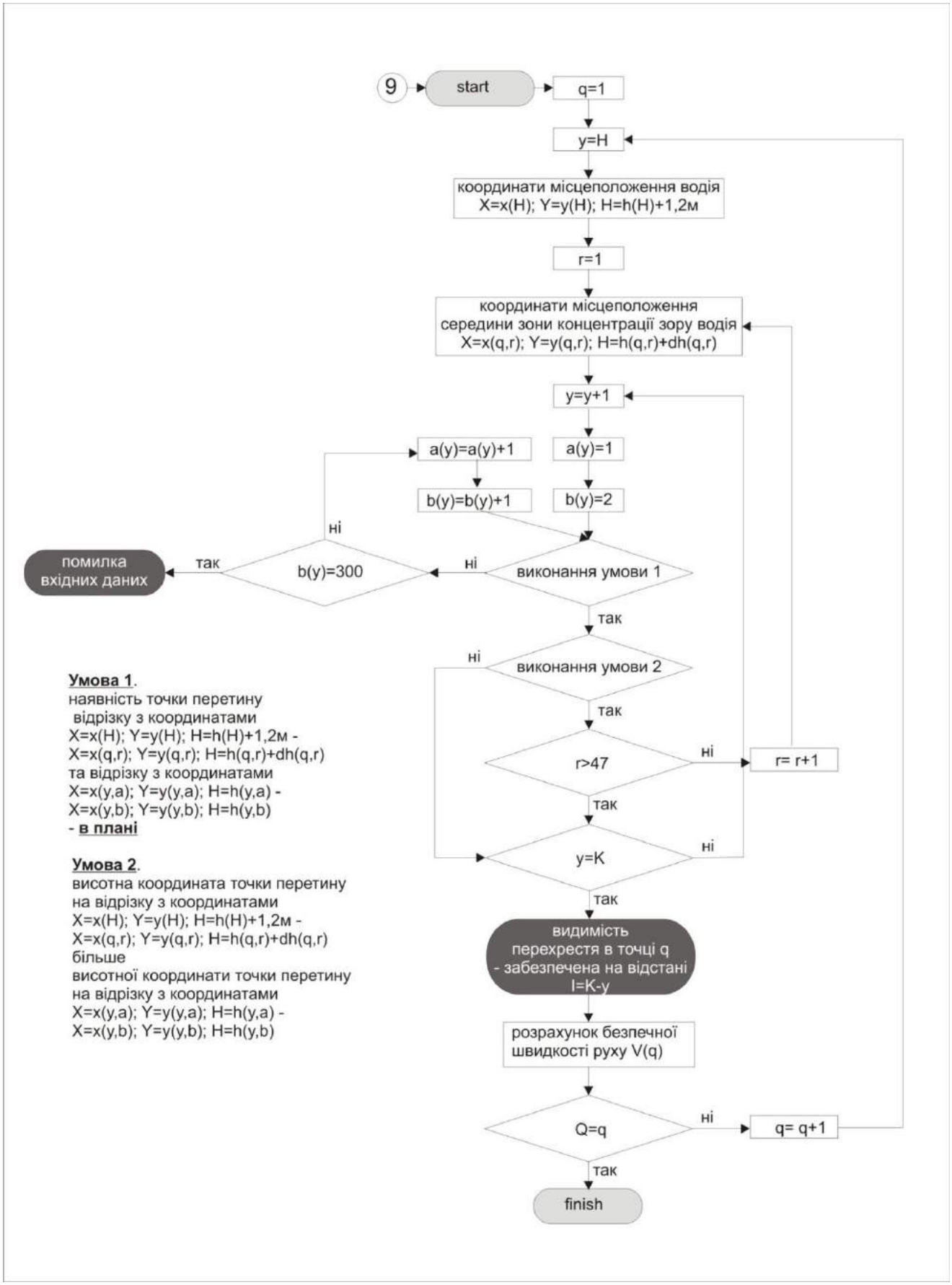


Рисунок 4.12 – Алгоритм перевірки умов видимості другорядної дороги (залізниці), що перетинається з основною дорогою (прямий напрямок руху)

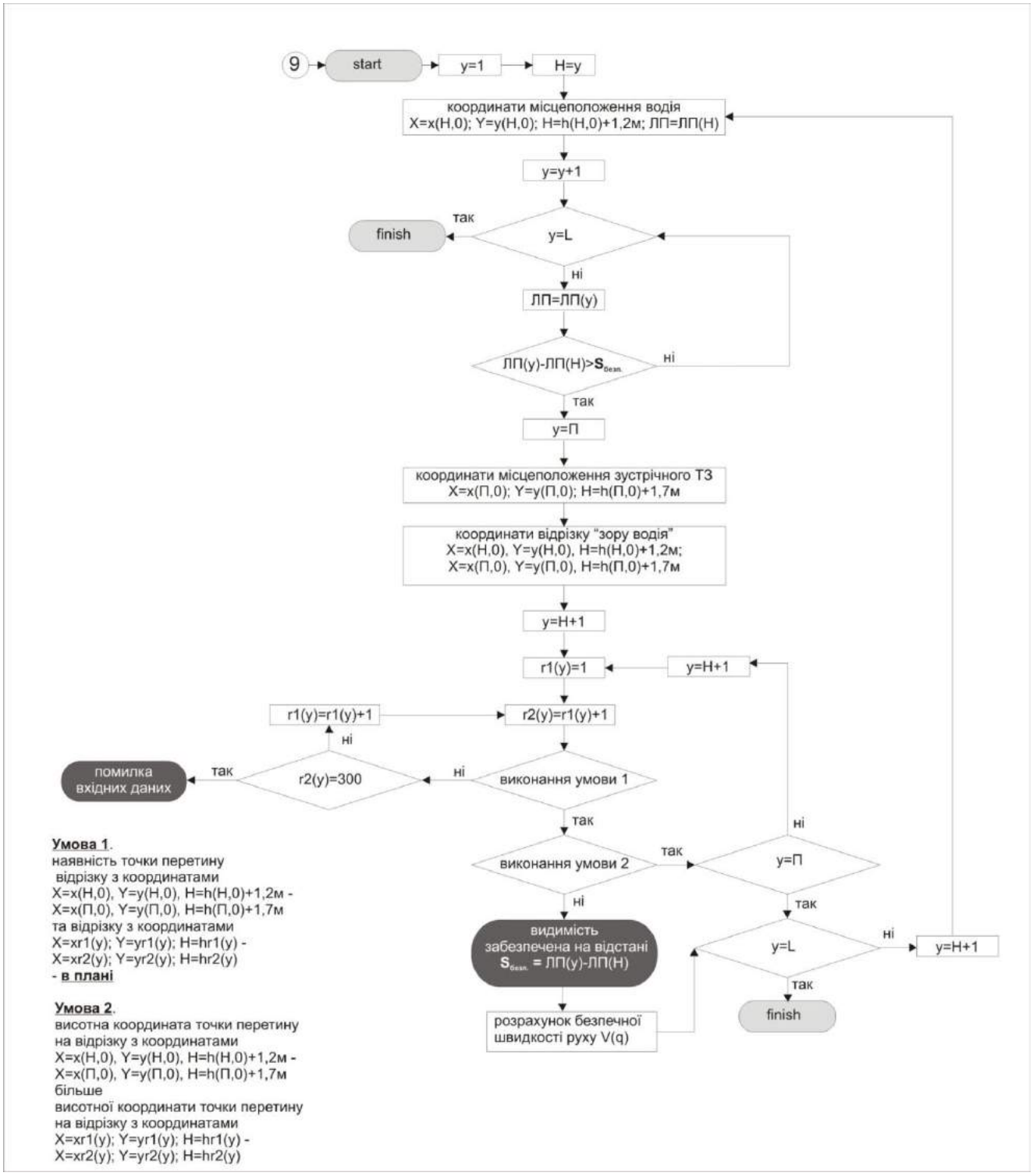


Рисунок 4.13 – Алгоритм перевірки умов видимості зустрічного транспорту (прямий напрямок руху)

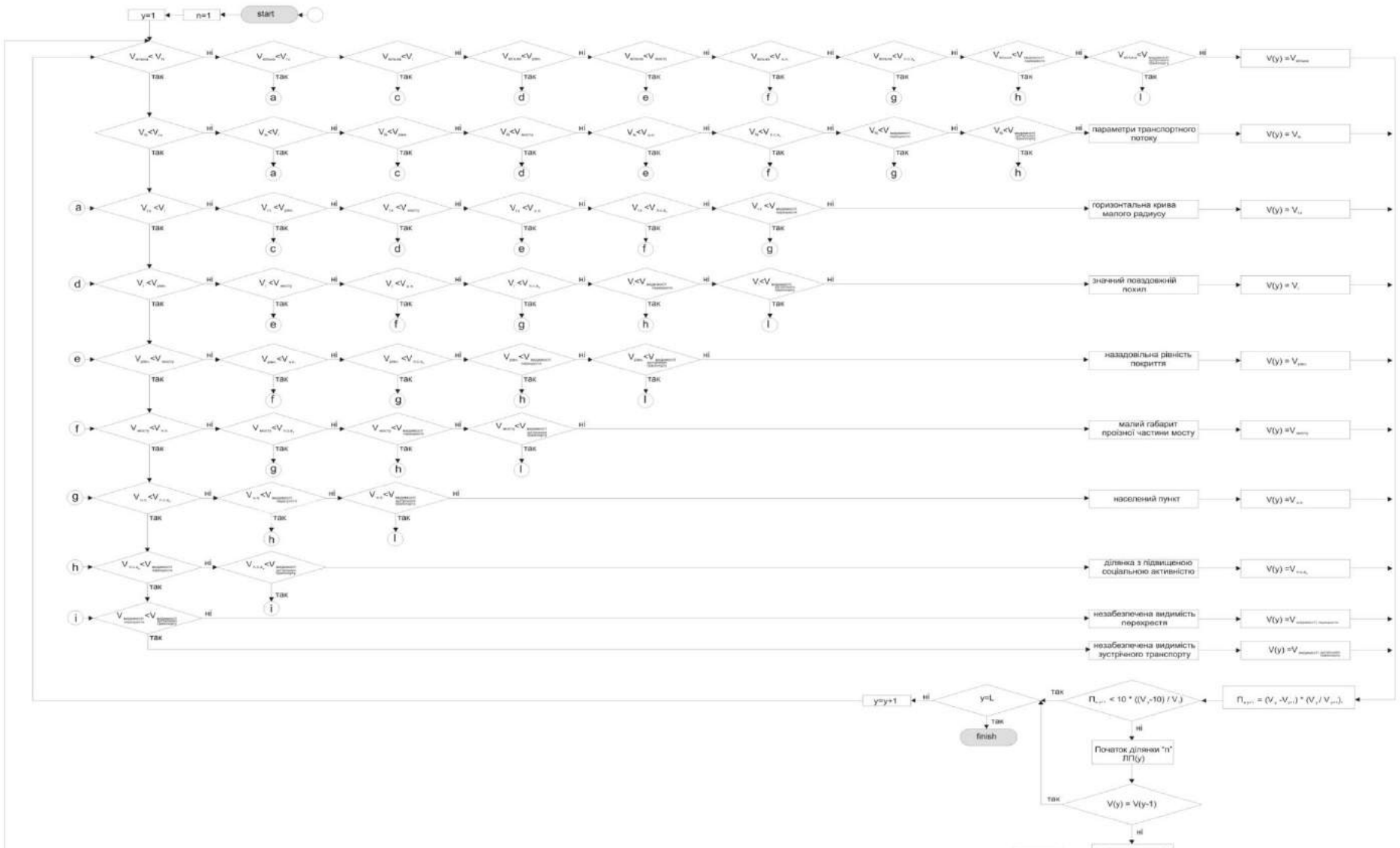


Рисунок 4.14 – Алгоритм розрахунку та аналізу величини безпечної швидкості руху в конкретних дорожніх умовах

4.2 Методика превентивного прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг

З метою перевірки теоретичних положень та отриманих залежностей, а також порівняння отриманих результатів з іншими методиками оцінки небезпеки ділянок автомобільних доріг було прийнято рішення вибрати ділянку автомобільної дороги М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ (на м. Таганрог) [49] на ділянці від км 177+366 до км 221+883 (рис. 4.15).

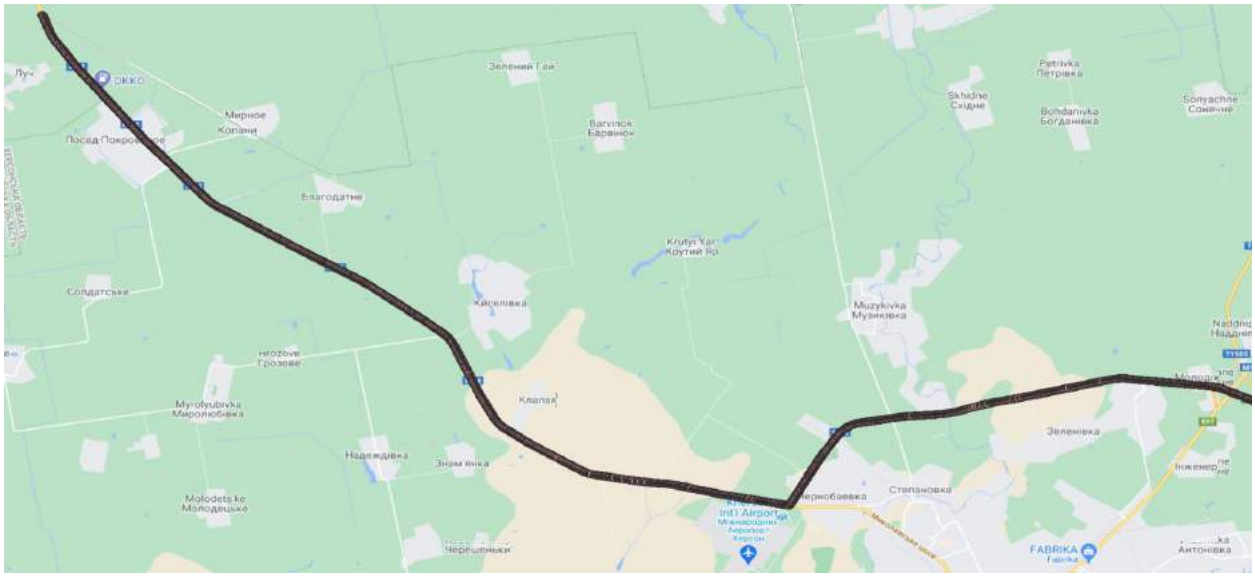


Рисунок 4.15 – Картосхема дороги М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

Таблиця 4.1 – Загальні характеристики дороги М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

Ч.ч.	Показник	Значення
1	2	3
1.1	Адреси ділянок доріг I категорії згідно з табл. 4.1 [19]	км 177+366 — км 179+357; км 184+303 — км 206+721
1.2	Адреси ділянок доріг II категорії згідно з табл. 4.1 [19]	км 179+357 — км 184+303; км 206+721 — км 221+883
2.1	Шляхопровід через залізницю, км 177+350	2011 р.б., довжина - 110 м, Г = 30,0+ 2х1,0, попередньо напружений залізобетон
2.2.	Міст через канал, км 187+814	1973 р.б., довжина – 17,5 м, Г = 10,30+ 2х0,71, залізобетон

Кінець таблиці 4.1.

1	2	3
2.3	Міст через струмок, км 198+840	1972 р.б., довжина – 34 м, Г = 23,20+ 2х2,80, залізобетон
2.4	Шляхопровід через залізницю, км 209+840	1975 р.б., довжина – 45,2 м, Г = 11,0 + 2х0,80, залізобетон
2.5	Міст через р. Вірьовчина, км 213+680	1975 р.б., довжина – 40 м, Г = 11+ 2х0,94, залізобетон
3	Межі с. Посад-Покровське	км 180+907 — км 183+788
4	Автобусні зупинки	км 181+830; км 182+000; км 189+775; км 189+843; км 194+320; км 194+387; км 198+140; км 198+259
5	Пішохідні переходи в одному рівні	км 182+507; км 182+750; км 183+180; км 189+812; км 193+353; км 198+200; км 203+887; км 208+135

За даними [65] дорога М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883 має наступні характеристики транспортно-експлуатаційного стану та безпеки руху:

- траса ділянки переважно пряма з плавними поворотами, у поздовжньому профілі дорога побудована на рівній або трохи горбистій місцевості, круті схили відсутні, є лише декілька відносно пологих підйомів;
- дорожнє покриття на більшій довжині ділянки дороги здеформоване і має значну кількість деформацій і дефектів. Основними деформаціями є колійність, тріщини (горизонтальні, поздовжні, діагональні, крокодилова шкіра), вибоїни, просідання;
- недостатні заходи з контролю швидкості при в’їзді до населених пунктів та зон житлової забудови; відсутність спеціальних попереджувальних знаків про необхідність зменшення швидкості у населених пунктах і зонах житлової забудови; необхідність зниження максимально дозволеної швидкості позначається лише знаком (5.45), на якому наведена назва населеного пункту;
- на ділянках II категорії перехідно-швидкісні смуги або широкі укріплені узбіччям використовуються водіями для здійснення обгону праворуч;
- на ділянках з каналізованими лівими поворотами, водії часто здійснюють обгін з виїздом на смугу зустрічного руху;
- паркування у недозволених місцях на проїзній частині;

− перехідно-швидкісні смуги та острівці безпеки позначаються лише горизонтальною дорожньою розміткою;

− через поганий стан дорожнього покриття окремі транспортні засоби об'їжджають пошкоджені ділянки, використовуючи узбіччя або смугу зустрічного руху, що призводить до небезпечних маневрів;

− через неефективну роботу дорожньо-експлуатаційних служб бруд, пил, гравій та інше сміття заважають дорожньому руху, що призводить до зменшення ширини проїзної частини в окремих місцях;

− проектні рішення на численних транспортних розв'язки в одному рівні (У-подібні та Х-подібні) становлять загрозу виникнення ДТП;

− незадовільний стан більшості пішохідних переходів;

− відсутність загальної організації пішохідного руху уздовж дороги.

Послідовність дій під час проведення розрахунків наступна:

Крок 1. Готування початкових даних

За результатами оброблення початкових даних готується Розрахункова база даних (рис. 4.3), а також окремі набори просторових даних про природні та штучні перешкоди та перехрестя в одному рівні, які зберігаються у форматі електронних таблиць Excel.

Базисом для Розрахункової бази даних є набір просторових координат вісі правого проїзду прямого напрямку руху (точка 0, рис. 3.12), які завантажуються з відповідної бази даних [49] та заносяться до відповідних чарунок (стовпчик 30, рис. 4.3), при цьому до чарунок (стовпчик 2, рис. 4.3) заносяться відповідні кілометрові прив'язки.

Кілометрові прив'язки (стовпчик 2, рис. 4.3) також можуть бути розраховані за допомогою формули (4.1):

$$\text{км} +_i = \text{км} +_{(i-1)} + \sqrt{\left(X_{0i} - X_{0(i-1)}\right)^2 + \left(Y_{0i} - Y_{0(i-1)}\right)^2 + \left(Z_{0i} - Z_{0(i-1)}\right)^2}, \quad (4.1)$$

де X_0, Y_0, Z_0– просторові координати точки 0 (рис. 3.12), що позначає вісь

правого проїзду прямого напрямку руху [49];

i – порядковий номер поперечного профіля.

Нумерація поперечних профілів (стовпчик 1, рис. 4.3) здійснюється починаючи з одиниці за зростанням кілометражу.

Дані про інтенсивність руху та склад транспортного потоку (стовпчики 3-7, рис. 4.3), а також про рівність покриття (стовпчик 10, рис. 4.3) заповнюються за результатами натурних обстежень. Враховуючи наведені у звіті [65] висновки щодо інтенсивності руху та стану покриття, для розрахунку було використано дані про інтенсивність руху, склад руху та транспортно-експлуатаційні характеристики дорожнього одягу за 2017 рік [40], як подібні, більш деталізовані і такі, що задовольняють вимогам до початкових даних (Додаток Б).

Дані про радіуси горизонтальних кривих, поздовжнього похилу, габарити мостових споруд, межі населених пунктів та просторові координати структурних точок поперечного профілю автомобільної дороги (рис. 3.13) завантажуються з паспорта автомобільної дороги [82].

Радіус горизонтальної кривої може бути розрахований з використанням просторових координат вісі правого проїзду прямого напрямку руху (точка 0, рис. 3.12), за окремим алгоритмом (рис. 4.16).

Перш за все, для всього масиву просторових координат будується масив кутів повороту для кожного вузла. Для першого та останнього вузлів кут приймається як нульовий. Потім до масиву кутів застосовується фільтр ковзного середнього з вікном в 5 точок. Це дозволяє відфільтрувати значну частину випадкових «відхилень» вектора напрямку. Далі, в масиві кутів знаходяться елементи, значення яких перевищує 0,07°. Такі елементи позначаються спеціальними ознаками належності до кривої, також для цих елементів визначається напрямок повороту треку. Перший та останній елементи кожної сукупності означають початок та кінець горизонтальної кривої.

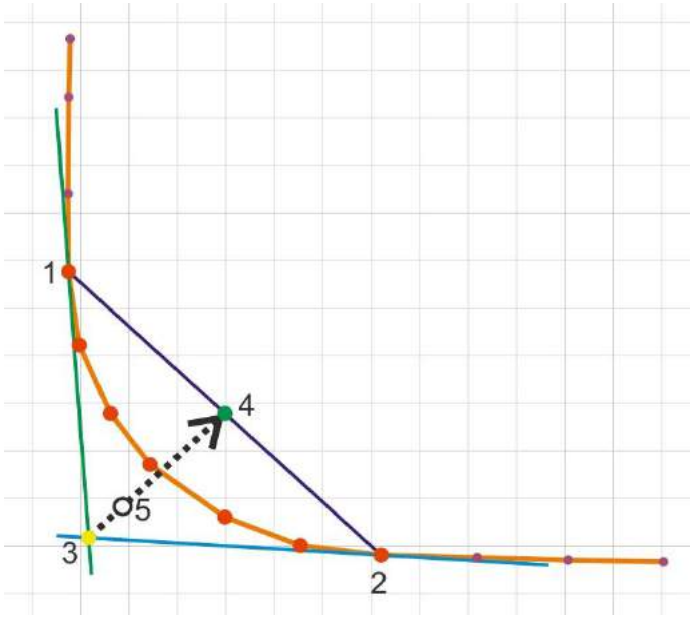


Рисунок 4.16 – Графічне зображення алгоритму розрахунку радіуса горизонтальної кривої

Для вузлів, що позначають початок (точка 1, рис. 4.16) та кінець (точка 2, рис. 4.16) горизонтальної кривої здійснюється пошук дотичних – блакитна та зелена прямі. Якщо ці прямі паралельні і не перетинаються (точка 3, рис. 4.16) – це означає похибку ідентифікації кривої. Наступним кроком є пошук середньої точку відрізку, що поєднує початок та кінець кривої (точка 4, рис. 4.16). В подальшому на відрізку 3-4 будується точка 5 з кроком в 5см. За кожну ітерацію циклу будується дуга, що проходить через точки 1, 5 та 2. Далі вираховується сума відстаней між виділеними вузлами і дугою. (Оскільки дуга – ділянка кола, достатньо обрахувати модуль різниці між відстанню від центра кола до вузла та радіусом цього кола). Радіусом горизонтальної кривої на автомобільній дорозі буде радіус такої кривої, побудованої через точки 1, 5 та 2 (рис. 4.16), для такої точки 5, для якої сума відстаней між виділеними вузлами та дугою мінімальна.

Ознака соціальної активності встановлюється на підставі натурних спостережень.

У випадку відсутності паспорта автомобільної дороги, координати структурних точок поперечного профілю, необхідні для побудови просторової моделі, наприклад, для точки 125 можуть бути розраховані з використанням наступних формул (4.2):

$$X_{125i} = X_{0i} + \frac{-\frac{B_{\text{с.р.}}}{2}\left(Y_{0i} - Y_{0(i-1)}\right)}{\sqrt{\left(Y_{0i} - Y_{0(i-1)}\right)^2 + \left(X_{0(i-1)} - X_0\right)^2}}$$

$$Y_{125i} = Y_{0i} - \frac{-\frac{B_{\text{с.р.}}}{2}\left(X_{0i} - X_{0(i-1)}\right)}{\sqrt{\left(Y_{0i} - Y_{0(i-1)}\right)^2 + \left(X_{0(i-1)} - X_0\right)^2}} \tag{4.2}$$

$$Z_{125i} = Z_{0i} - 0{,}02\left(\frac{B_{\text{с.р.}}}{2} + B_{\text{ПШС}}\right)$$

де X_{125}, Y_{125}, Z_{125}– просторові координати точки 125 (рис. 3.13), що позначає край проїзної частини [49];

X_0, Y_0, Z_0– просторові координати точки 0 (рис. 3.13), що позначає вісь правого проїзду прямого напрямку руху [49];

i – порядковий номер поперечного профіля;

0,02 – поперечний похил проїзної частини, 20, ‰;

$B_{\text{с.р.}}$ – ширина смуги руху, м;

$B_{\text{ПШС}}$ – ширина перехідно-швидкісної смуги (за наявності), м.

Крок 2. Завантаження початкових даних та встановлення параметрів розрахунку видимості зустрічного транспорту.

Завантаження сформованих таблиць та подальший запуск процесу розрахунку здійснюється шляхом натискання відповідних кнопок (рис. 4.17).

Під час завантаження здійснюється програмна експрес-перевірка даних на логічність та цілісність. У випадку виявлення помилки процес завантаження зупиняється, а користувач отримує інформаційне повідомлення про місце виявлення помилки та опис ситуації, яку ця помилка спричинила.

Перед початком розрахунку є можливість встановити параметри розрахунку видимості зустрічного транспорту, наприклад:

- висота точки огляду – 1,20 м;
- висота точки спостереження – 1,45 м;

– час реакції водія – 1,0 с.

Розрахунки здійснюються відповідно до алгоритмів, наведених в п. 4.1.

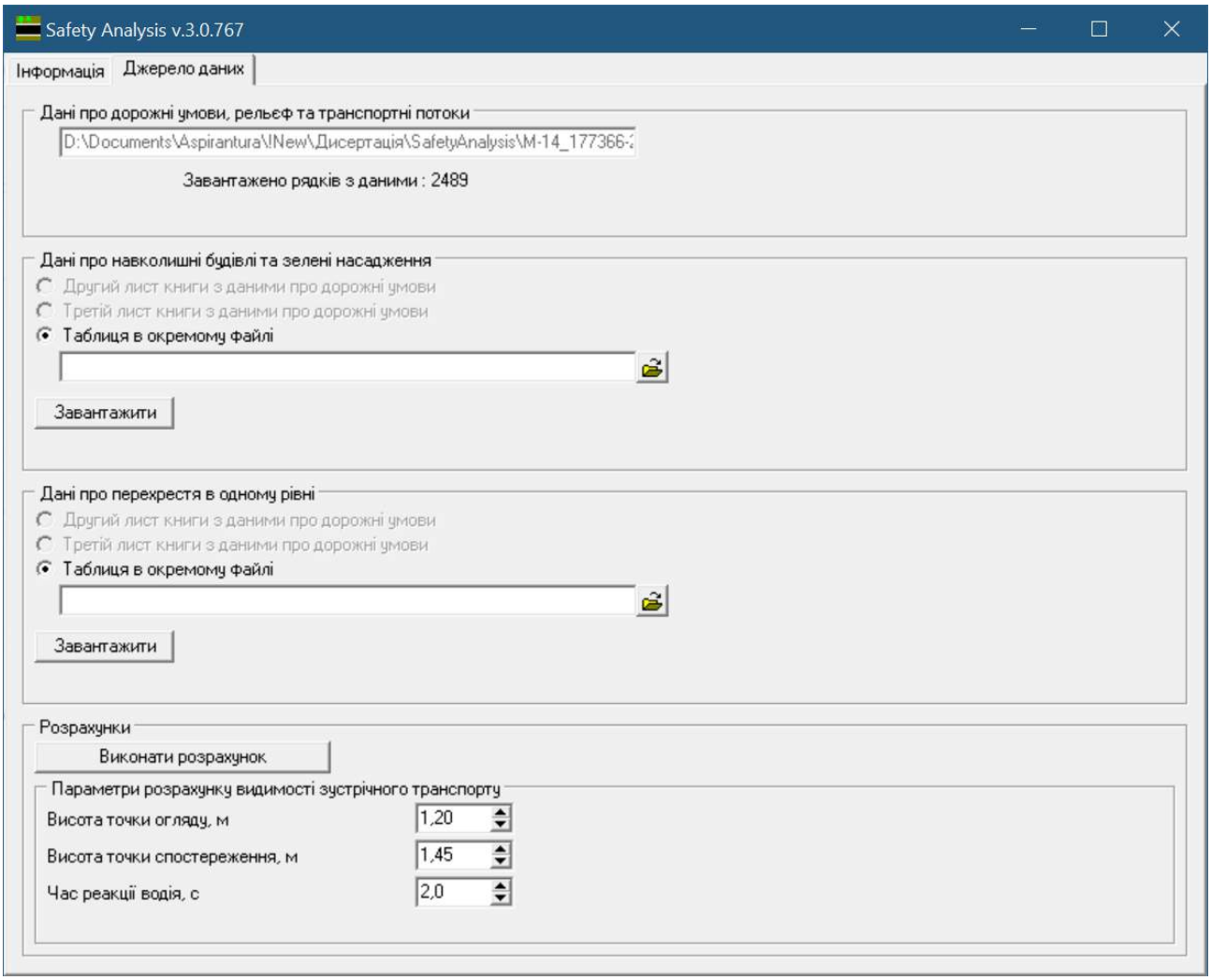
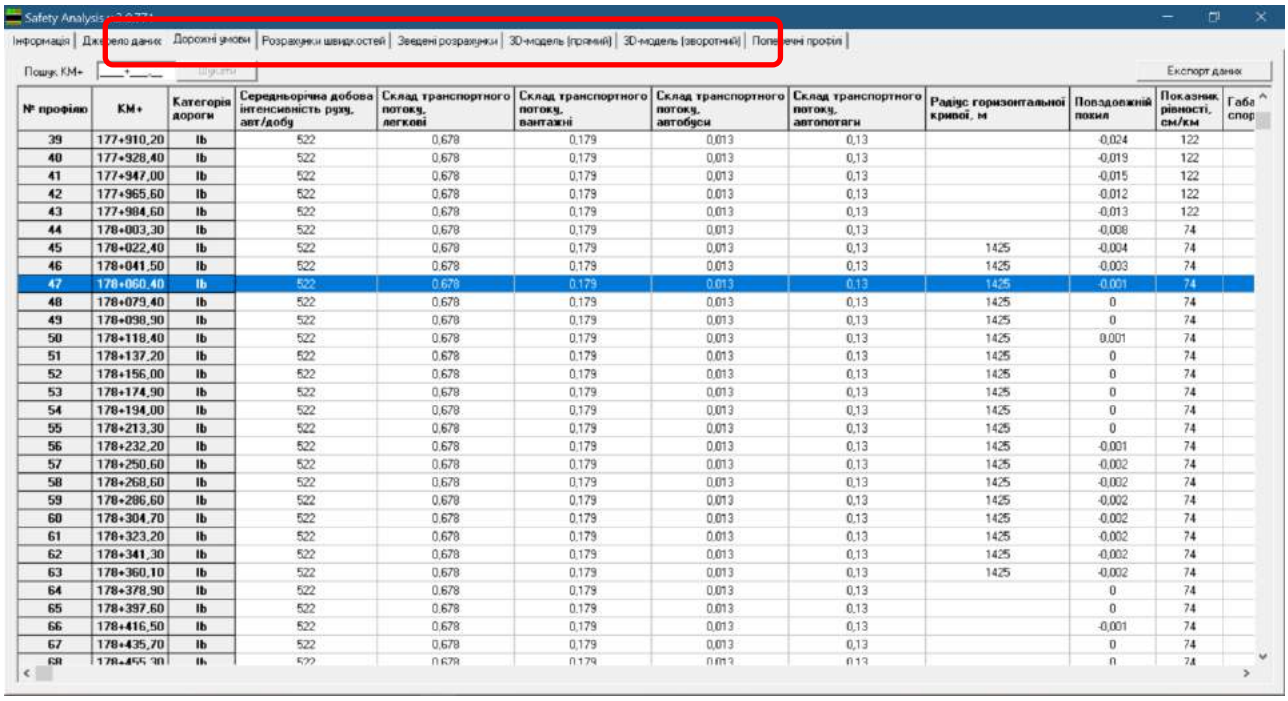


Рисунок 4.17 – Приклад форми завантаження початкових даних

Крок 3. Аналіз отриманих результатів

Після виконання розрахунків стають доступними сторінки (рис. 4.18) з результатами розрахунків (дорожні умови, розрахунки швидкостей, зведені розрахунки) та сторінки з візуалізацією розрахунків (3D модель (прямий), 3D модель (зворотний), поперечні профілі, перехрестя в одному рівні).



Safety Analysis v.3.0.771

Інформація | Джерело даних | Дорожні умови | Розрахунки швидкостей | Зведені розрахунки | 3D-модель (прямий) | 3D-модель (зворотний) | Поперечні профілі

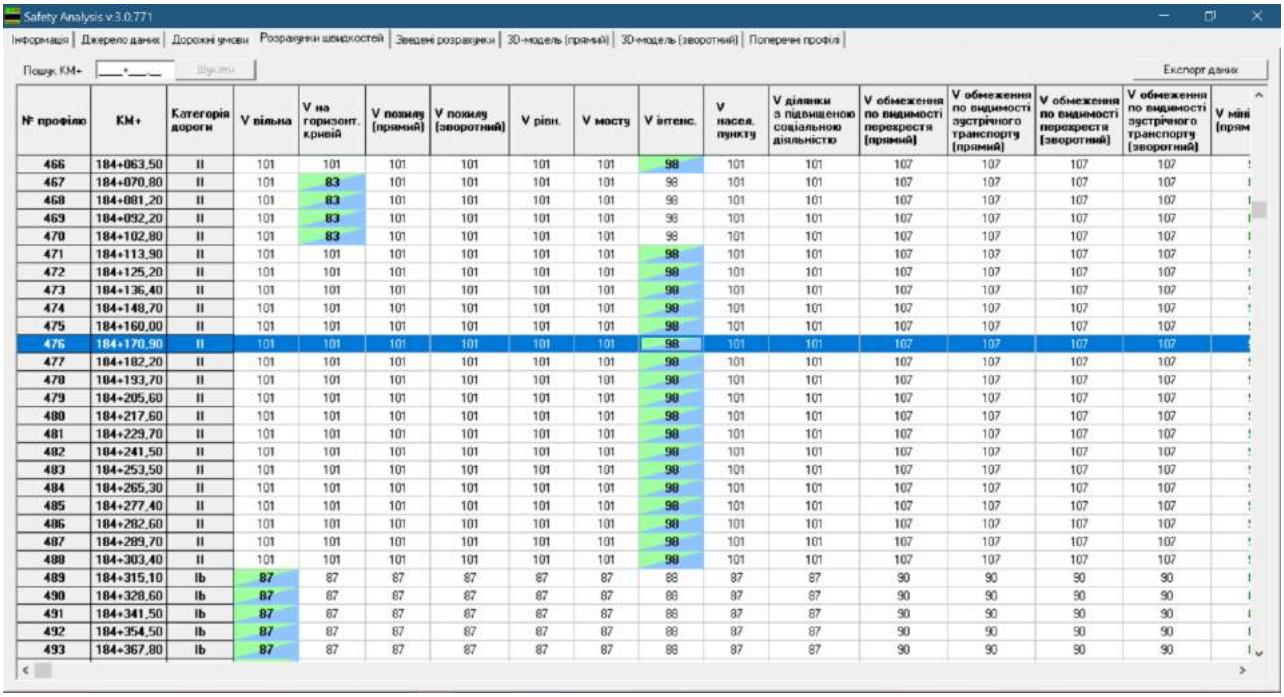
Пошук КМ+ ___+___ Шукати

Експорт даних

№ профілю	КМ+	Категорія дороги	Середньорічна добова інтенсивність руху, авт/добу	Склад транспортного потоку, легкові	Склад транспортного потоку, вантажні	Склад транспортного потоку, автобуси	Склад транспортного потоку, автопотяги	Радіус горизонтальної кривої, м	Поздовжній похил	Показник рівності, см/км	Габ спор
39	177+910,20	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,024	122	
40	177+928,40	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,019	122	
41	177+947,00	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,015	122	
42	177+965,60	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,012	122	
43	177+984,60	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,013	122	
44	178+003,30	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,008	74	
45	178+022,40	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,004	74	
46	178+041,50	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,003	74	
47	178+060,40	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,001	74	
48	178+079,40	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
49	178+098,90	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
50	178+118,40	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0,001	74	
51	178+137,20	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
52	178+156,00	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
53	178+174,90	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
54	178+194,00	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
55	178+213,30	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	0	74	
56	178+232,20	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,001	74	
57	178+250,60	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
58	178+268,60	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
59	178+286,60	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
60	178+304,70	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
61	178+323,20	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
62	178+341,30	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
63	178+360,10	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13	1425	-0,002	74	
64	178+378,90	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		0	74	
65	178+397,60	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		0	74	
66	178+416,50	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		-0,001	74	
67	178+435,70	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		0	74	
68	178+455,30	Ib	522	0,678	0,179	0,013	0,13		0	74	

Рисунок 4.18 – Приклад вікна програми з результатами розрахунків

Безпечна швидкість руху позначається напівгрубим шрифтом та забарвленням чарунки (рис. 4.19).



Safety Analysis v.3.0.771

Інформація | Джерело даних | Дорожні умови | Розрахунки швидкостей | Зведені розрахунки | 3D-модель (прямий) | 3D-модель (зворотний) | Поперечні профілі

Пошук КМ+ ___+___ Шукати

Експорт даних

№ профілю	КМ+	Категорія дороги	V вільна	V на горизонт. кривій	V похилу (прямий)	V похилу (зворотний)	V рівн.	V мосту	V інтенс.	V насел. пункту	V ділянки з підвищеною соціальною діяльністю	V обмеження по видимості перехрестя (прямий)	V обмеження по видимості зустрічного транспорту (прямий)	V обмеження по видимості перехрестя (зворотний)	V обмеження по видимості зустрічного транспорту (зворотний)	V мінім (прям
466	184+063,50	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
467	184+070,80	II	101	83	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
468	184+081,20	II	101	83	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
469	184+092,20	II	101	83	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
470	184+102,80	II	101	83	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
471	184+113,90	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
472	184+125,20	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
473	184+136,40	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
474	184+148,70	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
475	184+160,00	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
476	184+170,90	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
477	184+182,20	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
478	184+193,70	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
479	184+205,60	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
480	184+217,60	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
481	184+229,70	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
482	184+241,50	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
483	184+253,50	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
484	184+265,30	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
485	184+277,40	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
486	184+282,60	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
487	184+289,70	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
488	184+303,40	II	101	101	101	101	101	101	98	101	101	107	107	107	107	
489	184+315,10	Ib	87	87	87	87	87	87	88	87	87	90	90	90	90	
490	184+328,60	Ib	87	87	87	87	87	87	88	87	87	90	90	90	90	
491	184+341,50	Ib	87	87	87	87	87	87	88	87	87	90	90	90	90	
492	184+354,50	Ib	87	87	87	87	87	87	88	87	87	90	90	90	90	
493	184+367,80	Ib	87	87	87	87	87	87	88	87	87	90	90	90	90	

Рисунок 4.19 – Приклад матриці швидкостей руху на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

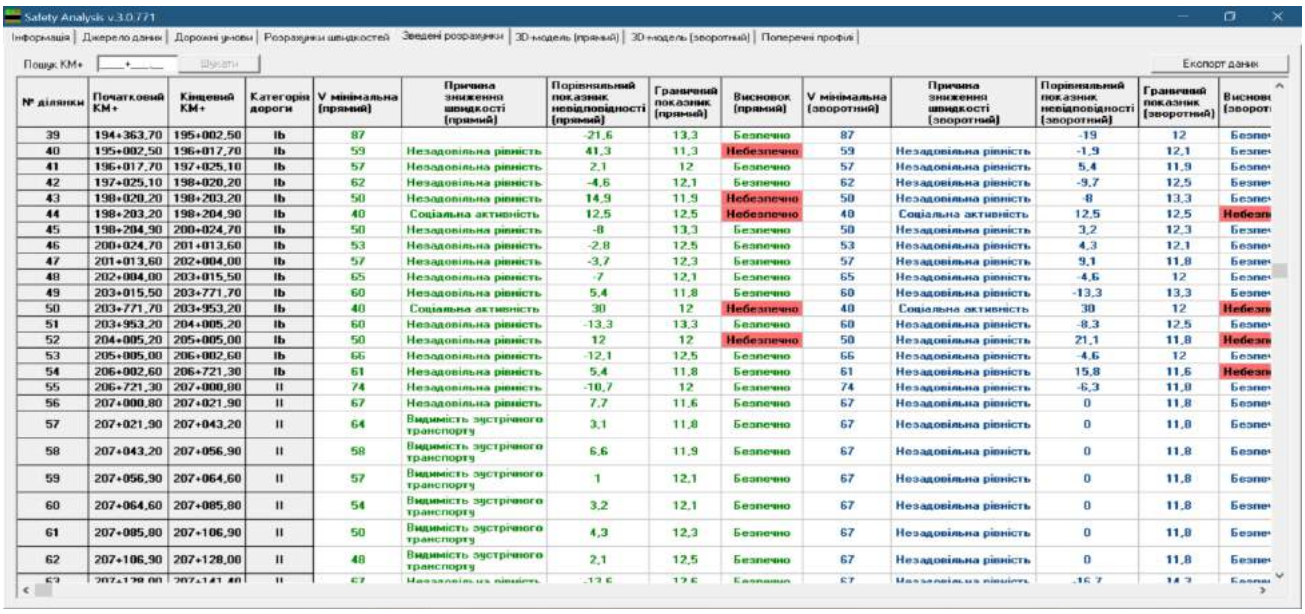
Світло зелене забарвлення позначає безпечну швидкість в прямому напрямку руху, блакитне – в зворотному, комбіноване – для обох напрямків руху одночасно (рис. 4.20).

V похил.	V рівн.	V мосту	V інтенс.	V насел. пункту	V ділянки з підвищеною соціальною діяльністю	V обмеження по видимості перехрестя (прямий)	V обмеження по видимості зустрічного транспорту (прямий)	V обмеження по видимості перехрестя (зворотній)
96	61	96	90	96	96	69	107	107
96	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	96	69	107	107
96	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	96	69	107	107
96	61	96	90	96	96	69	107	107
96	61	96	90	96	96	[illegible]	107	107
96	74	96	90	96	96	69	107	107
96	74	96	90	96	96	69	107	107
96	74	96	90	96	96	69	107	107
96	74	[illegible]	[illegible]	[illegible]	96	69	107	107
96	74	96	[illegible]	96	96	69	107	107
96	74	96	[illegible]	96	96	69	107	107
96	74	96	90	96	96	69	107	107
96	74	96	90	96	96	69	107	107
96	74	96	90	96	96	107	[illegible]	107
96	74	[illegible]	[illegible]	[illegible]	96	[illegible]	[illegible]	107
96	74	[illegible]	[illegible]	[illegible]	96	107	107	107
96	[illegible]	96	90	96	96	107	107	107

Рисунок 4.20 – Приклад позначення кольором безпечної швидкості руху

Результати розрахунків групуються за ділянками дороги з однаковими безпечною швидкістю та категорією. Темно зелене забарвлення позначає результати розрахунків для прямого напрямку руху, темно синє – для зворотного, чарунки з висновком «Небезпечно» додатково мають червоне забарвлення (рис. 4.21).

За результатами проведених розрахунків, дорогу М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883 було розділено на 110 ділянок. Повні результати розрахунків наведені в Додатку Г.



№ ділянки	Початковий КМ+	Кінцевий КМ+	Категорія дороги	V мінімальна (прямий)	Причина зниження швидкості (прямий)	Порівняльний показник невідповідності (прямий)	Граничний показник (прямий)	Висновок (прямий)	V мінімальна (зворотний)	Причина зниження швидкості (зворотний)	Порівняльний показник невідповідності (зворотний)	Граничний показник (зворотний)	Висновок (зворотн
39	194+363,70	195+002,50	Ib	87		-21,6	13,3	Безпечно	87		-19	12	Безпе
40	195+002,50	196+017,70	Ib	59	Незадовільна рівність	41,3	11,3	Небезпечно	59	Незадовільна рівність	-1,9	12,1	Безпе
41	196+017,70	197+025,10	Ib	57	Незадовільна рівність	2,1	12	Безпечно	57	Незадовільна рівність	5,4	11,9	Безпе
42	197+025,10	198+020,20	Ib	62	Незадовільна рівність	-4,6	12,1	Безпечно	62	Незадовільна рівність	-9,7	12,5	Безпе
43	198+020,20	198+203,20	Ib	50	Незадовільна рівність	14,9	11,9	Небезпечно	50	Незадовільна рівність	-8	13,3	Безпе
44	198+203,20	198+204,90	Ib	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезп
45	198+204,90	200+024,70	Ib	50	Незадовільна рівність	-8	13,3	Безпечно	50	Незадовільна рівність	3,2	12,3	Безпе
46	200+024,70	201+013,60	Ib	53	Незадовільна рівність	-2,8	12,5	Безпечно	53	Незадовільна рівність	4,3	12,1	Безпе
47	201+013,60	202+004,00	Ib	57	Незадовільна рівність	-3,7	12,3	Безпечно	57	Незадовільна рівність	9,1	11,8	Безпе
48	202+004,00	203+015,50	Ib	65	Незадовільна рівність	-7	12,1	Безпечно	65	Незадовільна рівність	-4,6	12	Безпе
49	203+015,50	203+771,70	Ib	60	Незадовільна рівність	5,4	11,8	Безпечно	60	Незадовільна рівність	-13,3	13,3	Безпе
50	203+771,70	203+953,20	Ib	40	Соціальна активність	30	12	Небезпечно	40	Соціальна активність	30	12	Небезп
51	203+953,20	204+005,20	Ib	60	Незадовільна рівність	-13,3	13,3	Безпечно	60	Незадовільна рівність	-8,3	12,5	Безпе
52	204+005,20	205+005,00	Ib	50	Незадовільна рівність	12	12	Небезпечно	50	Незадовільна рівність	21,1	11,8	Небезп
53	205+005,00	206+002,60	Ib	66	Незадовільна рівність	-12,1	12,5	Безпечно	66	Незадовільна рівність	-4,6	12	Безпе
54	206+002,60	206+721,30	Ib	61	Незадовільна рівність	5,4	11,8	Безпечно	61	Незадовільна рівність	15,8	11,6	Небезп
55	206+721,30	207+000,80	II	74	Незадовільна рівність	-10,7	12	Безпечно	74	Незадовільна рівність	-6,3	11,8	Безпе
56	207+000,80	207+021,90	II	67	Незадовільна рівність	7,7	11,6	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
57	207+021,90	207+043,20	II	64	Видимість зустрічного транспорту	3,1	11,8	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
58	207+043,20	207+056,90	II	58	Видимість зустрічного транспорту	6,6	11,9	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
59	207+056,90	207+064,60	II	57	Видимість зустрічного транспорту	1	12,1	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
60	207+064,60	207+085,80	II	54	Видимість зустрічного транспорту	3,2	12,1	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
61	207+085,80	207+106,90	II	50	Видимість зустрічного транспорту	4,3	12,3	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
62	207+106,90	207+128,00	II	48	Видимість зустрічного транспорту	2,1	12,5	Безпечно	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпе
63	207+128,00	207+141,40	II	67	[illegible]	-13,6	12,6	Безпечно	67	[illegible]	-16,7	14,3	Безпе

Рисунок 4.21 – Приклад матриці зведених розрахунків на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

Тривимірна модель дороги будується окремо для прямого та зворотного напрямків руху. Додатково на тривимірній моделі можуть відображатись лінії зору водіїв при русі в обох напрямках (рис. 4.22).

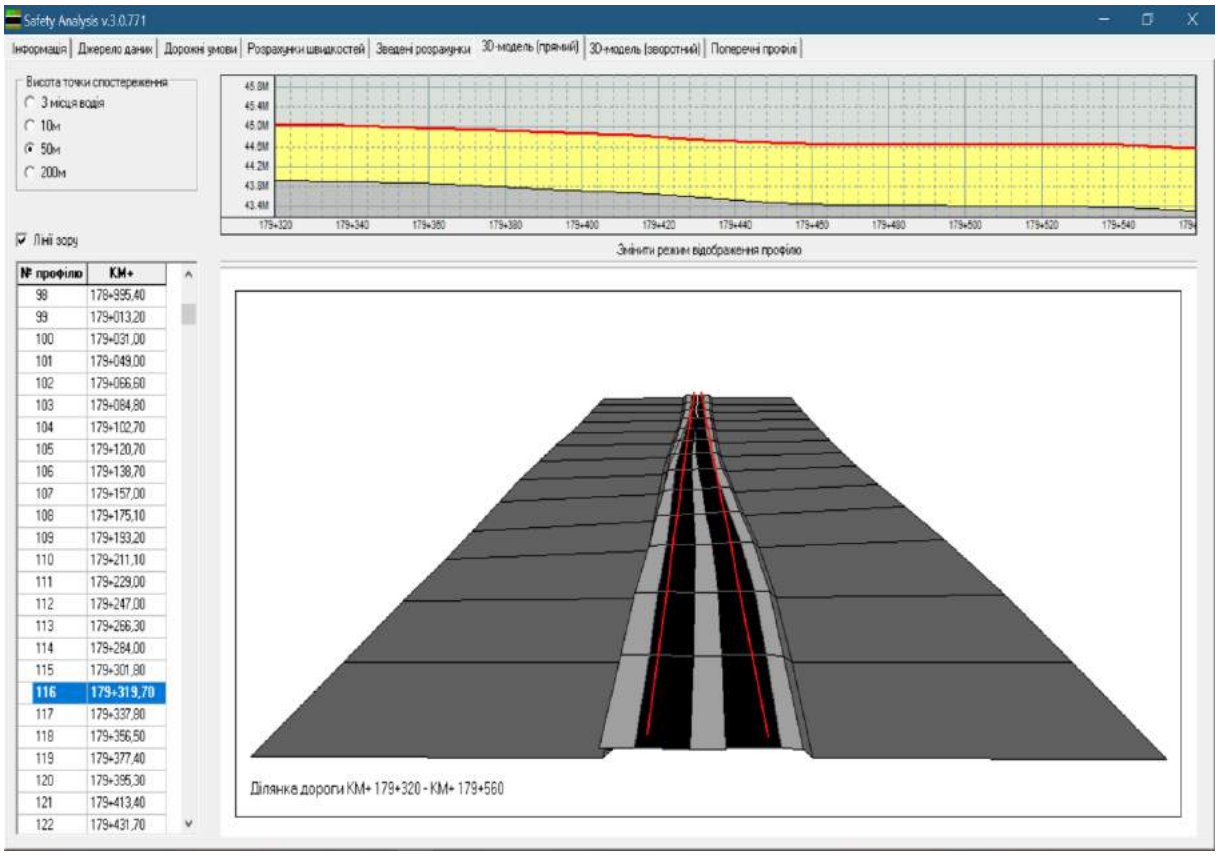


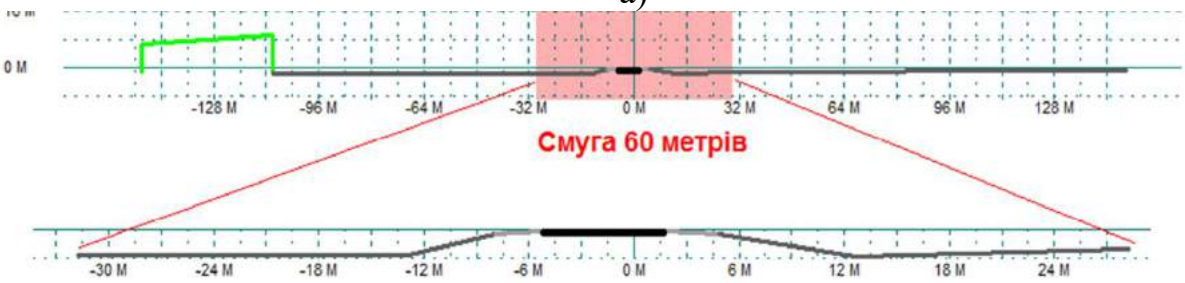
Рисунок 4.22 – Приклад спрощеної цифрової моделі дороги М-14 на ділянці від км 179+320 до км 179+560

Точка спостереження геометрично розташована за 70 метрів від першого поперечного профілю відображеної ділянки дороги, висота точки спостереження може обиратись з 4-х значень: рівень очей водія (1,20 м), 10 м, 50 м та 200 м.

Перегляд тривимірної моделі будь-якої ділянки дороги можливий за умови, що в напрямку зору доступно не менше трьох поперечних профілів.

Режим відображення поперечного профілю дозволяє або побачити весь поперечний профіль, як він заданий у початкових даних, так і обрізати профіль до смуги шириною близько 60 метрів (рис. 4.23).

а)



б)

Рисунок 4.23 – Приклади відображення поперечних профілів

У випадку, коли елементи поточного поперечного профілю є перешкодою погляду водія, на такому профілі буде відображено точки перетину ліній зору та площини профілю із зазначенням відносних координат цих точок перетину (рис. 4.24).

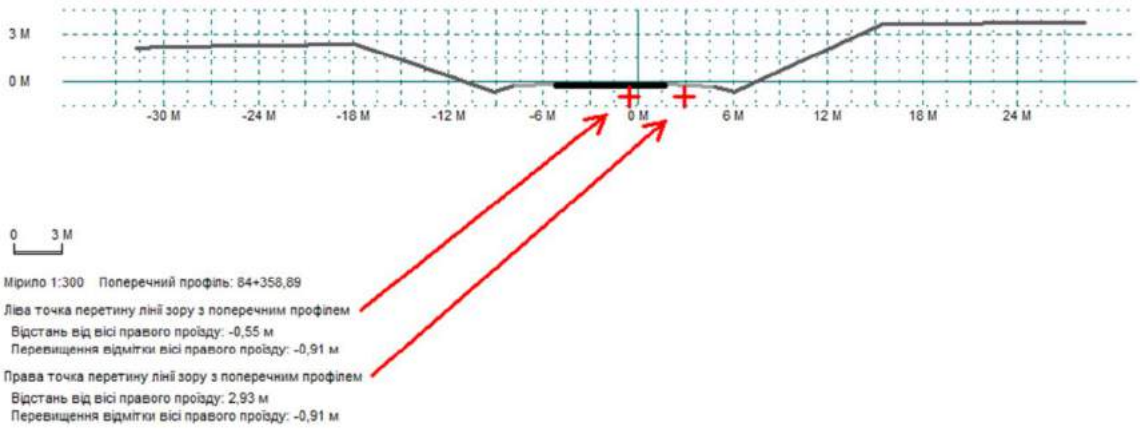


Рисунок 4.24 – Приклади аналізу видимості у напрямку руху за допомогою поперечних профілів

У випадку наявності даних про перехрестя в одному рівні, розрахунок безпечної швидкості руху враховуватиме видимість на перехресті.

Розрахунки видимості виконуються на основі цифрової моделі місцевості з урахуванням рельєфу та природних і штучних перешкод. Для спрощення візуального аналізу зображення перехрестя виконано в плані, без тривимірної побудови та перспективних спотворень. Користувач має змогу переглянути перелік перехресть, для яких виконані розрахунки видимості з переліками поперечних профілів, що входять в трикутник видимості (рис. 4.25).

Зелене забарвлення позначає дорогу та поперечні профілі, на яких забезпечена видимість у напрямку руху, червоне – на яких обмежена (рис. 4.25, а). Для тих поперечних профілів, в яких є перешкода зору, точки перешкоди позначаються товстими червоними лініями (рис. 4.25, б). Також ці точки відображаються у вікні перегляду поперечних профілів у вигляді точок бузкового кольору (рис. 4.25, в).

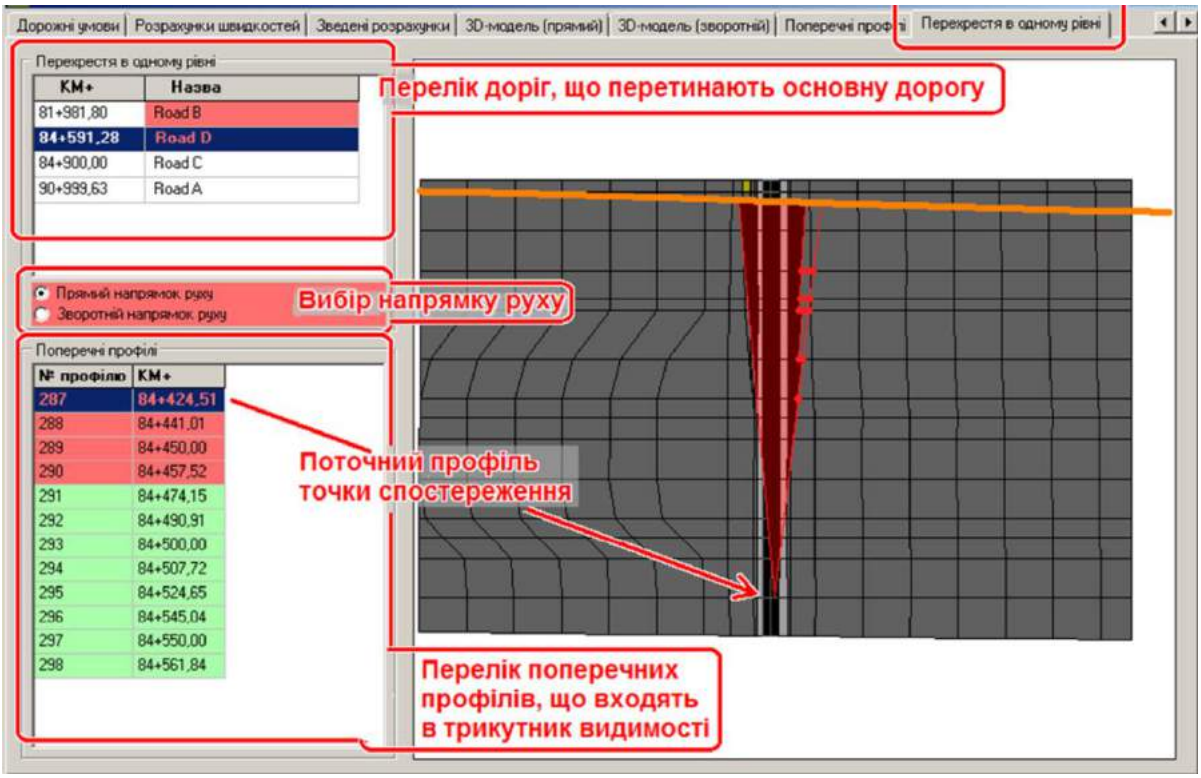
Користувач має змогу помістити точку спостереження і переглянути трикутник видимості для будь-якого профілю з тих, які входять у початковий трикутник видимості. Для цього достатньо обрати відповідний профіль з переліку (рис. 4.25, а).

Крок 4. Порівняльний аналіз отриманих результатів з даними про ДТП

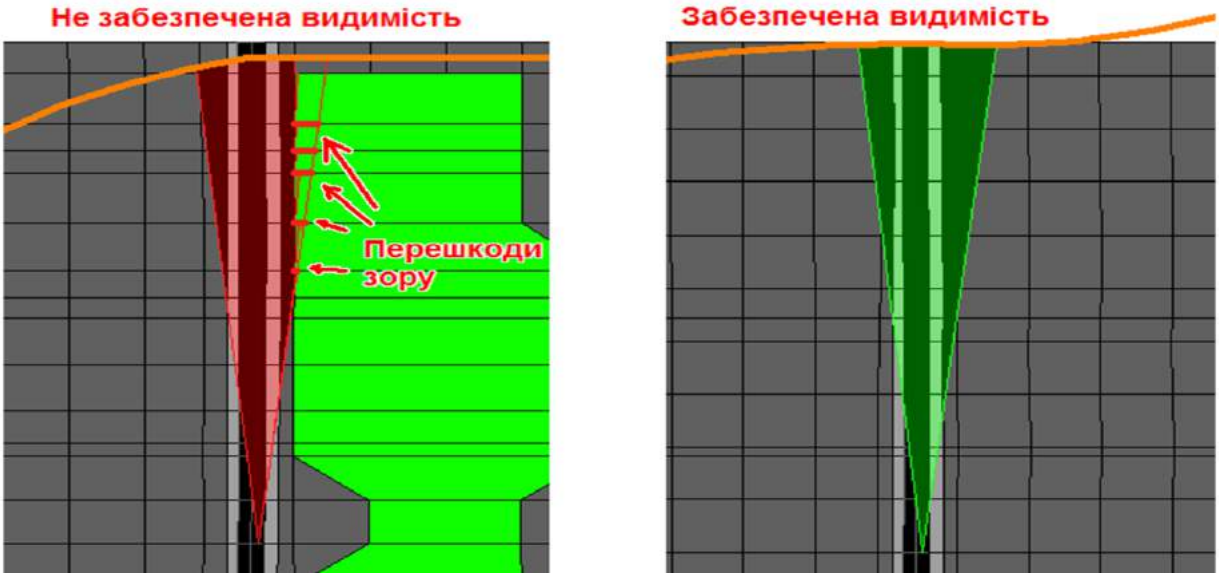
Порівняльний аналіз результатів розрахунку показника невідповідності швидкостей $П_н$ з результатами застосування інших методів виявлення аварійно-небезпечних ділянок варто здійснювати шляхом візуалізації на картографічній підоснові (рис. Г.1 – Г.6).

За даними ДП «ДерждорНДІ», в проміжку з 01.01.2018 до 31.12.2020 року на ділянці від км 177+366 до км 221+883 відбулося 183 ДТП, з них із загиблими та/або пораненими – 39 (загинуло 8 та травмовано 60 осіб). Дані про ДТП наведені в Додатку В.

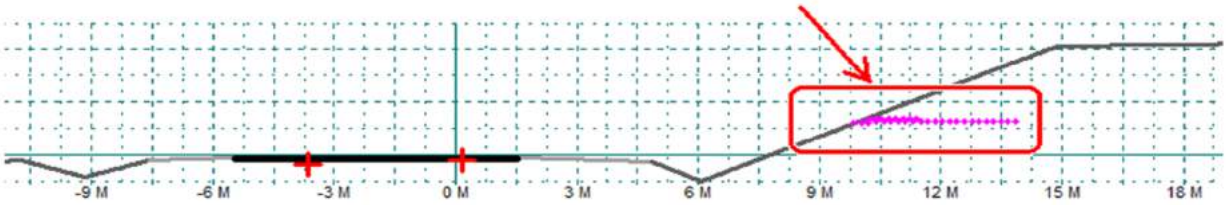
Також за даними ДП «ДерждорНДІ», станом на 01.01.2020, на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883 не обліковується місць/ділянок концентрації ДТП.



а)



б)



в)

Рисунок 4.25 – Приклади аналізу видимості на перехресті в одному рівні

Варто зауважити, що на ділянці від км 213+017 до км 213+216 (до нормалізації кілометрових прив’язок - від км 211+000 до км 211+199) обліковується одна аварійно-небезпечна ділянка (рис. 4.26), яка позначена жовтим кольоровим блоком на рис. Г.7.

Рівномірний розподіл місць ДТП (рис. 4.31) ж свідченням тверджень, наведених в розділах 2 та 3, що настання ДТП є фатальним збігом випадкових подій та факторів, поведінки водія та умов руху.

Тяжіння місць ДТП з постраждалими (рис. Г.7) до місць перепаду швидкостей свідчить про вирішальний вплив швидкості руху на тяжкість наслідків ДТП.

М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ:

Км 211+000 – 211+199 – не є ділянкою концентрації ДТП

L = 0,199 км

Всього ДТП за три роки / в т.ч. з постраждалими	Розподіл ДТП по роках: всього ДТП / в т.ч. з постраждалими		
	2017 р.	2018 р.	2019 р.
5/4	1/1	1/0	3/3
Інтенсивність руху ($N_{рух}$), авт/добу			10070
Коефіцієнт пригод ($К_{пр.}$) для: всього ДТП / в т.ч. з постраждалими			- / 0,36

Відомості про ДТП

Рік	Адреса км+м	Дата	Час	Вид ДТП	Загинуло	Поранено	Незадовільні ДУ	Порушення ПДР	№ картки
2017	211+0	11.12	18:01	01 Зіткнення	0	2			97664121
2019	211+0	19.04	8:50	01 Зіткнення	0	2			97687608
2019	211+0	30.06	17:27	01 Зіткнення	0	2		17 Порушення правил проїзду перехресть	97690388
2018	211+10	13.05	12:21	01 Зіткнення	0	0		17 Порушення правил проїзду перехресть	97670616
2019	211+199	21.10	16:01	01 Зіткнення	0	2		17 Порушення правил проїзду перехресть	97696875

Рисунок 4.26 – Аварійно-небезпечна ділянка на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

Крок 5. Інтерпретація отриманих результатів та прийняття рішень

Очевидно, що величина показника невідповідності швидкостей $П_н$ (у абсолютному значенні) може бути використана для ранжування ділянок дороги за пріоритетністю дій з усунення небезпечних факторів, обґрунтування планів виконання робіт тощо.

Оскільки, основна причина збільшення аварійності на дорогах – це, насамперед, порушення правил дорожнього руху його учасниками. Найбільша

кількість ДТП спостерігається при підвищенні безпечної швидкості, саме тому, на основі прогнозування аварійно-небезпечних ділянок, є необхідним застосування певних засобів для примусового зниження швидкості, особливо в місцях соціальної активності.

4.3 Розроблення заходів з підвищення безпеки руху на основі отриманих результатів

На аварійно-небезпечні ділянки мають вплив всі компоненти системи ВАДСІ і, саме тому, прогнозування повинно включати всі ці напрямки, що дозволить приймати оптимальні рішення.

Прогнозування аварійно-небезпечних ділянок є головною складовою для підвищення безпеки руху і є необхідним підґрунтям для розроблення заходів для забезпечення безпеки дорожнього руху.

Дороги та вулиці повинні забезпечувати ефективне та безпечне користування ними. На вулицях населених пунктів рекомендується зводити до мінімуму потребу в регулюванні дорожнього руху та в пристроях контролю за забезпеченням дотримання правил дорожнього руху. Функціональне призначення дороги або вулиці повинне випливати з їх зовнішнього вигляду та застосованих проектних рішень і бути очевидним для всіх учасників дорожнього руху.

Керування швидкісними режимами є дуже важливим інструментом забезпечення безпеки дорожнього руху. На превеликий жаль, багато водіїв свідомо ігнорують можливі ризики і часто вважають, що задоволення від пересування на високій швидкості переважує ті негативні наслідки, до яких воно може призвести. Неправильний вибір швидкості руху або перевищення встановлених обмежень є найвагомішим чинником, який призводить до зростання травматизму на дорогах. Чим вища швидкість, тим більшим є гальмівний шлях, а, отже, і більшим є ризик настання ДТП.

За допомогою удосконаленого методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг можливі наступні напрямки реалізації даної методики (рис. 4.27):

1. Проведення аудиту безпеки як окремої автомобільної дороги, так і мережі автомобільних доріг.

2. Встановлення причин, які викликають невідповідність умов руху вимогам транспорту, та на їх підставі призначення ефективних заходів з усунення аварійно-небезпечних ділянок.

3. Запровадження обґрунтованих обмежень руху (максимальної та мінімальної дозволеної швидкості руху, меж ділянок заборони обгону, маршрутів руху автопоїздів тощо). Як постійних - за допомогою дорожніх знаків, так і тимчасових - за допомогою знаків зі змінною інформацією.

4. Розроблення сценаріїв дій служб з експлуатаційного утримання автомобільних доріг для різних погодно-кліматичних умов (дощ, туман, сніг, ожеледь тощо) та встановлення ділянок першочергового прикладання зусиль.

5. Встановлення орієнтовних обсягів будівельно-ремонтних робіт з усунення причин невідповідності.

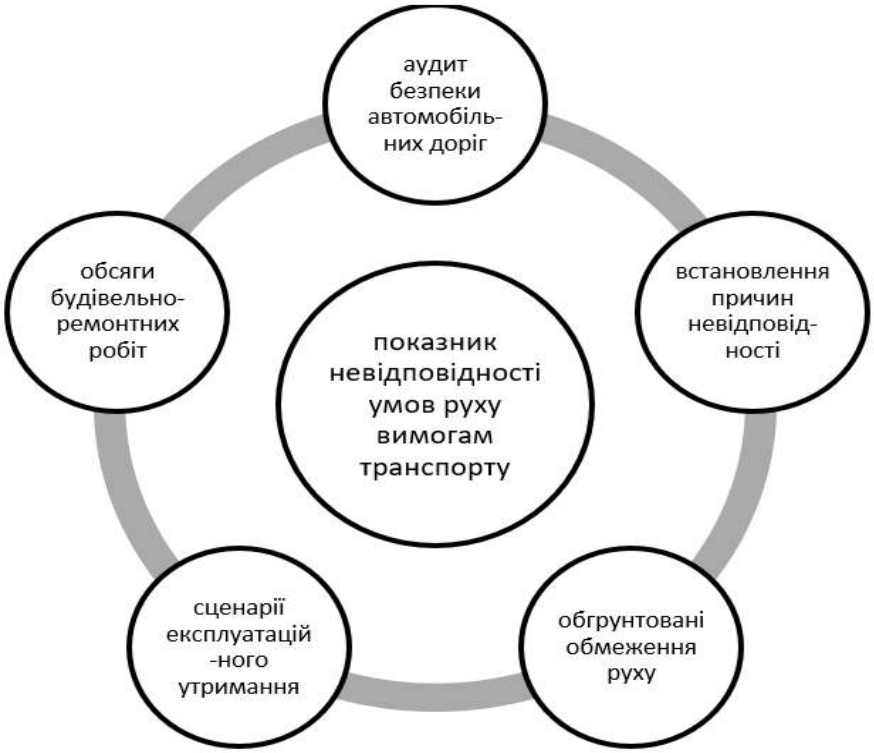


Рисунок 4.27 – Напрямки застосування показника невідповідності

Основні принципи інтерпретації результатів аналізу з використанням показника невідповідності ($П_н$) наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Інтерпретація результатів аналізу з використанням показника невідповідності ($П_н$)

Ч.ч.	Отримані результати	Застосування
1	Висновок	1. Загальний висновок про рівень небезпеки дороги (ділянки дороги). 2. Встановлення черговості проведення аудиту безпеки дорожнього руху на мережі автомобільних доріг. 3 Складання дорожньої карти аудиту безпеки для кожної окремої дороги. Ідентифікація місць для детального обстеження та аналізу.
2	Показник невідповідності (абсолютне значення)	1. Ранжування ділянок доріг за ступенем небезпеки. 2. Черговість проведення заходів з усунення причин, які призводять до виникнення аварійно-небезпечних ситуацій.
3	Причина невідповідності	1. Розроблення комплексу заходів з усунення факторів, які викликають різку зміну швидкості руху. 2. Встановлення обсягів та вартості будівельних або ремонтних робіт або робіт з експлуатаційного утримання.
4	Безпечна швидкість руху	1. Обґрунтування обмежень швидкості руху 2. Вибір оптимального заходу із заспокоєння дорожнього руху

Основні принципи інтерпретації співвідношення обмежень швидкості ($V_{ПДР}$) та безпечної ($V_{мін}$), та 85 % забезпечення (V_{85}) швидкостей руху в прямому та зворотному напрямках руху на графікові швидкостей наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Інтерпретація співвідношення швидкостей

Ч.ч.	Отримані результати	Трактування
1	2	3
1	$V_{ПДР} \approx V_{мін} \approx V_{85}$	Умови руху та обмеження швидкості задовольняють вимогам транспортного потоку та належним чином сприймаються учасниками дорожнього руху
2	$V_{ПДР} < V_{мін} < V_{85}$	1. Для ділянок за межами населених пунктів означає потребу у перегляді встановлених обмежень швидкості руху 2. Для ділянок у межах населених пунктів означає потребу у заспокоєнні дорожнього руху
3	$V_{мін} < V_{ПДР} < V_{85}$ або $V_{мін} < V_{85} < V_{ПДР}$	Означає потребу у виконанні комплексу робіт з будівництва, ремонту або експлуатаційного утримання для усунення факторів, які призводять до невідповідності

Кінець таблиці 4.3

1	2	3
4	$V_{ПДР} > V_{мін} \approx V_{85}$	Означає потребу у перегляді встановлених обмежень швидкості руху на цій ділянці дороги
5	$V_{мін} > V_{85}$ або $V_{мін} < V_{ПДР} \approx V_{85}$	1. Означає відсутність впливу причини невідповідності на учасників дорожнього руху або покращення характеристик транспортних засобів 2. Суттєве перевищення свідчить про помилку в початкових даних або втрату ними актуальності
6	$V_{ПДР} \leq V_{мін} < V_{85}$ та $V_{85} - V_{ПДР} \approx 20$ км/год	1. Вказує на пристосування водіїв до чинних обмежень швидкості 2. Означає потребу у заспокоєнні дорожнього руху

Варто зазначити, що пристосування водіїв до чинних обмежень швидкості, особливо на ділянках контролю за швидкістю руху, означає потребу у зниженні межі, перевищення швидкості понад яку тягне за собою накладання штрафу в розмірі п’ятнадцяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян згідно з частиною першою статті 122 Кодексу України про адміністративні правопорушення [51].

Один із напрямів використання показника невідповідності [9] полягає у попередньому добиранні аварійно-небезпечних ділянок на маршруті під час складання плану обстеження (рис. 4.28).

Встановлення обсягів будівельно-ремонтних робіт, наприклад, розкривання укосів або вирубування чагарників, для формування орієнтовної вартості закупівлі можливе на підставі розрахунків, виконаних з використанням тривимірної моделі автомобільної дороги (рис. 3.11 та рис. 4.25).

За допомогою розрахунків просторової видимості та на підставі мінімальної безпечної швидкості руху стає можливим встановлення обґрунтованих обмежень руху на автомобільних дорогах (рис. 4.29) під час складання проєктів організації дорожнього руху.

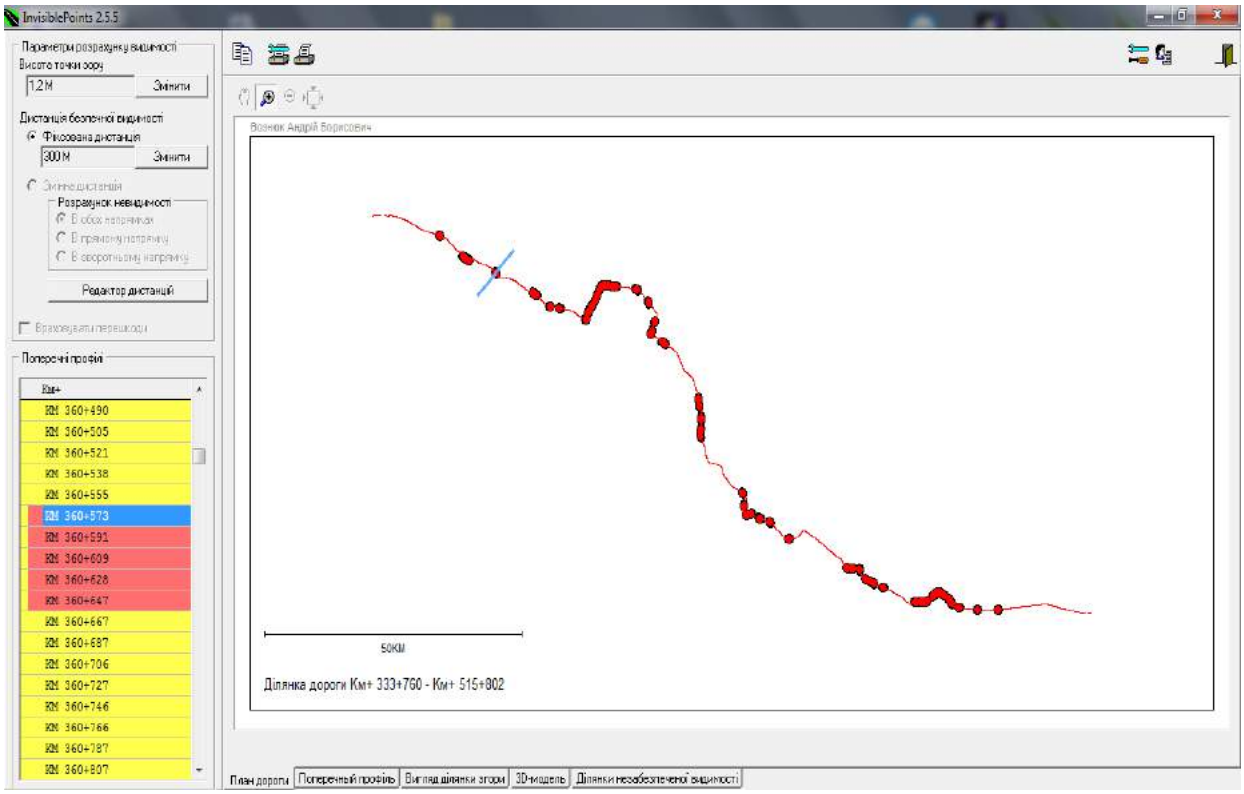


Рисунок 4.28 – Розподіл ділянок з обмеженою видимістю на дорозі М-12 на ділянці від км 333+760 до км 515+902

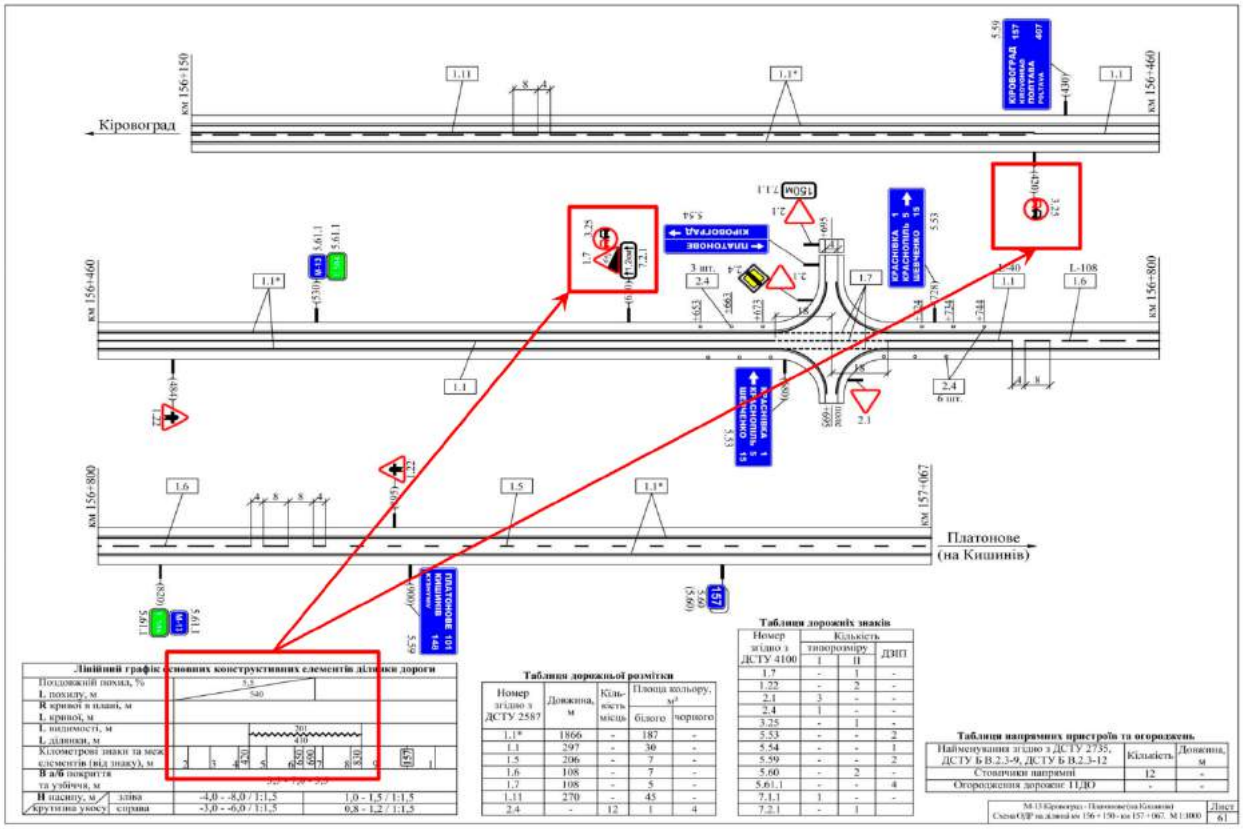


Рисунок 4.29 – Приклад встановлених обмежень обгону на дорозі М-13 на ділянці від км 156+150 до км 157+067

Оскільки безпечна швидкість руху розраховується з використанням математичних моделей (3.1) – (3.10), параметри яких залежать від погодних умов, часу доби тощо, для кожної із таких ситуацій стає можливим прорахувати сценарії робіт для служб з експлуатаційного утримання автомобільних доріг: оперативне встановлення обмежень швидкості або руху за допомогою дорожніх знаків зі змінною інформацією, встановлення обмежень швидкості або руху за допомогою дорожніх знаків з табличками, які уточнюють період дії знаку, оброблення покриття хімічними реагентами або фрикційними матеріалами тощо.

Розроблена методика прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг може бути використана за різними напрямками покращення безпеки руху. У подальших дослідженнях можливе створення цифрових моделей автомобільних доріг, моделювання транспортних потоків та умов руху, проведення аудиту безпеки автомобільних доріг, моніторингу дорожньо-транспортних пригод на автомобільних дорогах загального користування державного значення України та при розробленні заходів з підвищення безпеки дорожнього руху.

Висновки до розділу 4

1. З метою вирішення завдання прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг був розроблений програмний комплекс «Safety analysis», що дозволяє автоматизовано розраховувати безпечну швидкість транспортних потоків з урахуванням всіх факторів, що на неї впливають.

2. На основі експериментальних досліджень, обґрунтовано необхідність розробки алгоритмів розрахунку меж ділянок з однорідними умовами руху та величин швидкостей руху транспортних потоків. Також, для кожної ділянки автомобільної дороги обґрунтовано наведена причина зниження швидкості в порівнянні із швидкістю вільного руху та швидкості руху транспортного потоку, яка в даних умовах вважатиметься однаково прийнятною та безпечною для всіх транспортних засобів потоку.

3. Розроблено методику розрахунку показника невідповідності на окремих ділянках доріг, що дозволить розподілити ділянки дороги за пріоритетністю дій з усунення небезпечних факторі та обґрунтувати плани виконання робіт.

4. Порівняльний аналіз отриманих результатів дослідження з даними про ДТП дозволив встановити розподіл аварійно-небезпечних ділянок на досліджуваних автомобільних дорогах.

5. За допомогою розробленої методики розрахунку показника невідповідності та методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг можливе удосконалення організації та безпеки дорожнього руху за наступними напрямками: для оцінки безпеки руху при виконанні робіт з аудиту, реконструкцій та капітального ремонту ділянок автомобільних доріг.

Результати досліджень четвертого розділу викладено у наступних публікаціях [5, 9, 125].

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі, що полягає в удосконаленні методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг.

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному:

1. Виконаний аналіз наукових робіт та існуючих методів визначення показників безпеки дорожнього руху та прогнозування аварійно-небезпечних ділянок показав, що переважна їх більшість спрямована на оброблення й аналіз даних про умови руху вже після настання ДТП, а заходи, які згідно них призначаються, спрямовані на поліпшення дорожніх умов лише на місцях концентрації ДТП. Крім того, для прийняття ефективних рішень математичні моделі, на яких базуються чинні методи, потребують удосконалення з метою врахування актуальних і фактичних даних про транспортний потік, його склад та умови руху.

Встановлено, що аудит безпеки автомобільної дороги дозволяє ще на стадії її проектування виявити та усунути можливі причини ДТП, які пов’язані, зокрема, з параметрами дороги і дорожніми умовами. Однак, фундаментальні теоретичні дослідження у напрямку аудиту безпеки автомобільної дороги відсутні, що вказує на актуальність дослідження.

2. Удосконалено метод прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг на основі обґрунтування показника невідповідності умов руху вимогам транспорту, що дозволяє виконувати превентивні розрахунки розташування таких ділянок.

Комбінуючи дані про розподіл швидкостей з іншими даними системи ВАДСІ та аварійністю встановлено поєднання небезпечних факторів, які чинять вирішальний вплив на виникнення кожного окремого ДТП або утворення аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг та місць концентрації ДТП. Моделювання із визначенням показника невідповідності

дозволило, на досліджуваній дорозі М-14, встановити 27 аварійно-небезпечних ділянок, порівняно з однією з використанням «класичного» підходу.

3. Розроблено метод розрахунку просторової видимості на автомобільній дорозі, який дозволяє, зокрема при проведені аудиту безпеки, встановити межі зон видимості в прямому напрямку руху, видимість зустрічного автомобіля, трикутник видимості на перехресті.

4. Проведені натурні та аналітичні, методами математичної статистики, дослідження швидкостей руху транспортного потоку в різних дорожніх умовах не тільки надали підтвердження адекватності розробленого методу, а й дозволили накопичити базу актуальних даних про геометричні параметри автомобільних доріг, склад транспортного потоку, швидкості руху, навантаження від транспортних засобів. Крім того, були запропоновані підходи до оброблення та інтерпретації таких даних, подальшого удосконалення підходів до формування проектних рішень з будівництва, ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування.

Визначено, що на досліджуваних ділянках, зокрема автомобільної дороги М-06, величина швидкості відрізняється у 2,5 рази залежно від дорожніх умов. Встановлено закономірності зміни швидкості руху від факторів, що на неї впливають. Отримана точність цих закономірностей (коефіцієнт кореляції R = 0,85) дозволяє використовувати їх у практичних розрахунках.

5. Розроблені методика та програмний продукт дозволяють забезпечити потреби аудиту безпеки автомобільних доріг шляхом гнучкості алгоритму, швидкості виконання розрахунків з метою попередження виникнення аварійно-небезпечних ситуацій та, як наслідок, аварійно-небезпечних ділянок і місць концентрації ДТП. Встановлено, що превентивне виявлення аварійно-небезпечних ділянок надає можливість у подальшому розробляти рішення з усунення небезпечних факторів шляхом проведення робіт з реконструкції, ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування.

6. На основі розробленої методики в рамках проведення аудиту безпеки дорожнього руху на транспортному коридорі GO Highway на ділянці Львів – Умань було встановлено 169 ділянок, на яких не забезпечена видимість (обмежена видимість у місцях поєднання горизонтальних та вертикальних кривих, а також внаслідок встановленого бар'єрного та пішохідного огородження).

Використання розробленої методики під час проєктування організації дорожнього руху на автомобільній дорозі М-13 «Кіровоград – Платонове (на Кишинів)», км 76+432 – км 157+067, дозволило встановити 22 ділянки з обмеженою видимістю, загальною довжиною 10742 м.

Результати дисертаційного дослідження знайшли своє відображення у двох нормативних документах національного рівня і у чотирьох – галузевого рівня.

Матеріали досліджень були впроваджені у навчальний процес, а саме при викладанні дисципліни «Експлуатація автомобільних доріг» та в дипломному проектуванні для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Абрамова Л. С. Анализ методов определения показателей безопасности дорожного движения / Л. С. Абрамова, В. В. Ширин, Г. Г. Птица. // Вестник ХНАДУ. – 2015. – №69. – С. 118–123.

2 Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. Монографія. – Київ: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 205. – 400 с. – (За заг. ред. А.М. Редзюка.).

3 Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер. – Москва: Наука, 1971. – 282 с.

4 Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.

5 Вознюк А. Б. Використання великих даних для актуалізації підходів до аналізу аварійності на автомобільних дорогах / А. Б. Вознюк, В. І. Каськів. // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2020. – №3. – С. 23–37.

6 Вознюк А. Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки / А. Б. Вознюк. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – 2014. – №14. – С. 142.

7 Вознюк А. Б. Недоліки в дорожніх умовах та їх вплив на виникнення дорожньо-транспортних пригод / А. Б. Вознюк, Л. П. Нагребельна, Є. В. Міненко. // Дороги і мости: Збірник наукових праць.. – 2019. – №19. – С. 163–172. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.170

8 Вознюк А. Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах / А. Б. Вознюк. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – 2014. – №16. – С. 86–99.

9 Вознюк А.Б. Использование геопространственных данных для аудита безопасности дорожного движения. Автомобильные дороги и мосты. РДУП «БелдорНИИ», Минск. 2019 . № 1 (23). С. 63-71.

10 Вознюк А.Б. Системний підхід до заспокоєння дорожнього руху. Зважування-в-русі: результати пілотного проєкту та перспективи розвитку. Сучасні інноваційні рішення для реалізації національної програми «ВЕЛИКЕ БУДІВНИЦТВО»: міжнародна наук.-практ. конфер. 10-11 листопада 2020. Київ.

URL: https://bit.ly/3kvK0EJ

11 Гаврилов Э. В. Оценка безопасности движения по методу тестирования / Э. В. Гаврилов, С. М. Михович. // Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов. – М.: Изд. СоюздорНИИ. – 1986. – С. 178–179.

12 ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. – 2019.

13 Глезер В. Д. Механизмы опознания зрительных образов / В. Д. Глезер. – М.: Наука, 1966. – 201 с.

14 Гольберт А. М. Общая теория статистики / А. М. Гольберт, В. С. Козлов. – Москва: Финансы и статистика, 1985. – 367 с.

15 Гюлєв Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія / Н. У. Гюлєв. – Х.: ХНАГМ, 2012. – 185 с.

16 Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Харків: ХНАГМ, 2011. – 392 с.

17 ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I Проектування. Частина II Будівництво [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: https://dwg.ru/dnl/3393.

18 ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I Проектування. Частина II Будівництво [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/74.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.3-4~2015.%20%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%20%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B8..pdf

19 ДБН В.2.3-4-2000 Споруди транспорту. Автомобільні дороги [Електронний ресурс] // Державний комітет будівництва, архітектури та житлової

політики України. – 2000. – Режим доступу до ресурсу: https://geodez.com.ua/pdf/dbn-v.2.3-4-2000.pdf.

20 ДБН В.2.3-6:2016 Мости та труби. Обстеження і випробування [Електронний ресурс] // ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=64126.

21 Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат [Електронний ресурс] // КМУ України. – 2004. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF#Text

22 Дивочкин О. А. Оценка безопасности на автомобильных дорогах / О. А. Дивочкин, А. Р. Цыганов, В. В. Чванов. // Обзорная информация ЦБНТИ. – 1988. – №5. – С. 60.

23 Дмитриченко М. Ф. Організація дорожнього руху (Книга 4) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2007. – 452 с. – (Системологія на транспорті).

24 Дмитриченко М. Ф. Основи теорії систем і управління (Книга 1) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2005. – 344 с. – (Системологія на транспорті).

25 Дмитриченко М. Ф. Системологія на транспорті. Ергономіка (Книга V) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2008. – 267 с. – (Системологія на транспорті).

26 Дмитриченко М. Ф. Технологія наукових досліджень і технічної творчості (Книга 2) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2007. – 318 с. – (Системологія на транспорті).

27 Додух К. М. Удосконалення методу розрахунку пропускної здатності автомобільних доріг. : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Додух К. М. – Київ, 2016. – 249 с.

28 Дрю Д. Теория транспортных потоков и управления им / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

29 ДСТУ 2935:2018 Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення

понять. – 2018.

30 ДСТУ 8824:2019 Автомобільні дороги. Визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку. – 2019.

31 ДСТУ 8894:2019 Безпека дорожнього руху. Лінійний аналіз аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах [Електронний ресурс] // Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди». – 2019. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=84294.

32 Дудніков О. М. Аналіз та підвищення безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик транспортного потоку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 "Транспортні системи" / Дудніков О. М. – Київ, 2003. – 23 с.

33 Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел. – М.: Статистика, 1977. – 128 с.

34 Єресов В. І. Телематичне управління дорожнім рухом: навч. посібн / В. І. Єресов, О. В. Григор'єва. – Київ: НТУ, 2017. – 120 с.

35 Єресов В. І. Технічні засоби організації дорожнього руху: навч. посібн. / В. І. Єресов, О. В. Григор'єва. – Київ: НТУ, 2017. – 144 с.

36 Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 342 с.

37 ЗАКОН УКРАЇНИ Про внесення змін до деяких законів України щодо управління безпекою автомобільних доріг [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/200-20#Text.

38 ЗАКОН УКРАЇНИ Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1678-18#Text.

39 Звіт про дослідно-конструкторську роботу за договором від 19.09.2016 №112-16, ДП «ДерждорНДІ»

40 Звіт про надані послуги за договором 17-17/88-17 від 22.05.2017 // 4861000-7 Системи баз даних (Послуги по збору вихідних даних, створенню, супроводженню та актуалізації електронних банків даних з розробкою пропозицій до ремонтних робіт на 2018 рік згідно. СУСП на мережі автомобільних доріг державного значення з визначенням транспортно-експлуатаційних показників) – Частина 22. Херсонська область // ДП «Укрдіпродор». – 2017.

41 Звіт про надані послуги за договором 17-17/88-17 від 22.05.2017 // 4861000-7 Системи баз даних (Послуги по збору вихідних даних, створенню, супроводженню та актуалізації електронних банків даних з розробкою пропозицій до ремонтних робіт на 2018 рік згідно СУСП на мережі автомобільних доріг державного значення з визначенням транспортно-експлуатаційних показників) – Частина 10. Київська область // ДП «Укрдіпродор», 2017.

42 Инструментарий по безопасности дорожного движения [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://toolkit.irap.org/default.asp.

43 Капский Д. В. Анализ существующих подходов к прогнозированию аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский. // Вестник БНТУ. – 2008. – №5. – С. 58–63.

44 Карта автомобільних доріг України, які належать до мережі TEN-T [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://bit.ly/TEN-T_Ukraine.

45 Каськів В.І., Вознюк А.Б. Дослідження параметрів транспортних потоків з використанням даних WIM. LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2020. С. 141. http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf

46 Каськів В.І., Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П. До питання аудиту безпеки автомобільних доріг України. Автошляховик України. 2020. № 1 (261). С. 32-39. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-32-39

47 Каськів В.І., Шапенко Є.М., Гуков М.І., Вознюк А.Б. Практичне застосування показника невідповідності для оцінювання безпеки руху Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2019. Вип. 106. С. 31-39.

48 Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг. – М.: Транспорт, 1989. – 368 с.

49 Дорожній геокалькулятор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://kmplus.ukravtodor.gov.ua.

50 Коваленко Л. О. Дослідження та аналіз характеристик транспортних потоків на вулицях міста / Л. О. Коваленко. // Вісник ХНАДУ. – 2010. – №50. – С. 80–83.

51 Кодекс України про адміністративні правопорушення (статті 1 - 212-24) [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text.

52 Кононюк А. Е. Основы научных исследований / А. Е. Кононюк. – Киев: КНТ, 2010. – 452 с.

53 Куратовский К. Теория множеств / К. Куратовский, А. Мостовский. – М.: "МИР", 1970. – 416 с.

54 Лановий О. Т. Теоретичні основи та практичні методи забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних потоків мережею автомобільних доріг.: дис. докт. техн. наук : 05.22.01 / Лановий О. Т. – Київ, 2016. – 399 с.

55 Линник А. М. Системный анализ надежности системы «водитель–автомобиль-дорога–среда» на основе социотехнического подхода как проблема Big Data / А. М. Линник, А. Г. Давыдовский. // Шестая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», Минск, Республика Беларусь, 20-21 мая 2020 года. – 2020. – С. 225–240.

56 Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 310 с.

57 М 218-02070915-674:2010 Методика визначення рівня завантаженості та пропускної здатності автомобільних доріг [Електронний ресурс] // НТУ. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25990.

58 Моніторинг дорожньо-транспортних пригод на автомобільних дорогах загального користування державного значення України за 2019 рік. // ДП «ДерждорНДІ». – 2020. – С. 73.

59 МР В.2.3-37641918-891:2017 Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків [Електронний ресурс] // ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). – 2017. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75300.

60 НАЦІОНАЛЬНА транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] // КМУ України. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text.

61 НиТУ 128-55 Нормы и технические условия проектирования автомобильных дорог

62 Осипов В. О. Удосконалення методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 / Осипов В. О. – Київ, 2017. – 22 с.

63 Основи теорії систем і системного аналізу / Б. М.Четверухін, П. Р. Левковець, О. І. Мельниченко, О. Б. Четверухіна. – Київ: НТУ, 2004. – 272 с.

64 Осташевський С. А. еоретичні основи та практичні методи оцінки та підвищення ефективності системи «автомобіль–водій–дорога» : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.22.01, 05.01.04 / Осташевський С. А. – Харків, 2015. – 47 с..

65 Підтримка органів влади України в розробці національної транспортної моделі та майстер-плану // EuropeAid/138734/DH/SER/UA // Попереднє техніко-економічне обґрунтування покращення автомобільної дороги М-14 на ділянці Херсон – Маріуполь, Підсумковий звіт, 25.08.2020

66 Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук. // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових праць. – 2012. – С. 226–229.

67 Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук, О. Т. Лановий, Т. В. Бондар. // Вісник НТУ. – 2008. – С. 88–99.

68 Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба. – Київ: Знання України, 2014. – 467 с.

69 Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – Київ: Знання України, 2008. – 175 с.

70 Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення [Електронний ресурс] // КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/55-2019-%D0%BF#Text.

71 Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення [Електронний ресурс] // КМУ України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/55-2019-%D0%BF#Text.

72 Про передачу автомобільних доріг загального користування місцевого значення [Електронний ресурс] // КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ РОЗПОРЯДЖЕННЯ. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/759-2013-%D1%80#Text.

73 Про управління безпекою дорожньої інфраструктури [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: https://minjust.gov.ua/m/str_45893.

74 Прокудін Г. С. Моделі та методи оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.22.01 / Прокудін Г. С. – Київ, 2009. – 43 с.

75 Сиденко В. М. Комплексный метод оценки безопасности дорожного движения / В. М. Сиденко, А. А. Рыбальченко. // Автодорожник Украины: науч.-тех. сборник.. – 1978. – №3. – С. 42–43

76 Система зважування в русі (WIM) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stat.ukravtodor.gov.ua.

77 Смирнова Н. В. Методология целевого поиска оптимального проектного решения двухполосных автомобильных дорог общего пользования.: дис. докт. техн. наук : 05.22.01 / Смирнова Н. В. – Харьков, 2015.

78 Смірнова Н. В. Аналіз проектів автомобільних доріг за критерієм швидкості руху / Н. В. Смірнова. // Автошляховик України. – 2014. – С. 31–34.

79 СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги [Електронний ресурс] // Союздорнии Минтрансстроя. – 1985. – Режим доступу до ресурсу: http://docs.cntd.ru/document/5200258.

80 СНиП II-Д.5-62 Автомобильные дороги общей сети СССР. Нормы проектирования [Електронний ресурс]. – 1962. – Режим доступу до ресурсу: https://meganorm.ru/Data2/1/4293781/4293781238.pdf.

81 СНиП II-Д.5-72 Автомобильные дороги. Нормы проектирования [Електронний ресурс]. – 1973. – Режим доступу до ресурсу: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293818/4293818938.pdf.

82 СОУ 42.1 -37641918-038:2016 [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78785

83 СОУ 42.1-37641918-122:2014 Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення. Зміна № 1 [Електронний ресурс] // ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76682.

84 Стеценко В. І. Моделювання систем / В. І. Стеценко. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.

85 Форнальчик Є. Ю. Моделювання транспортних потоків / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 216 с.

86 Хабутдинов Р. А. Системное формирование технологий автомобильных перевозок по критериям энерго- и ресурсоотдачи : дис. докт. техн. наук : 05.22.01 / Хабутдинов Р. А. – Киев, 2003. – 332 с.

87 Хаусдорф Ф. Теория множеств / Ф. Хаусдорф. – М.: ОНТИ, 1937. – 306 с.

88 Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. Перевод с англ. / Ф. Хейт. – М.: Мир, 1966. – 286 с.

89 Ходоскин Д. П. и др. Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения : учеб. пособие / Д. П. Ходоскин. – Гомель: БелГУТ, 2017. – 443 с

90 Хом'як Я. В. Теоретичні основи та практичні методи проектування оптимальних мереж автомобільних доріг : дис. докт. техн. наук / Хом'як Я. В., 1972.

91 Які автодороги державного значення найбільш небезпечні [Електронний ресурс] // Слово і діло. Аналітичний портал. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.slovoidilo.ua/2020/12/10/infografika /suspilstvo/yaki-avtodorohy-derzhavnoho-znachennya-najbilsh-nebezpechni.

92 Ярмолинский А. И. Совершенствование методики оценки аварийности автомобильных дорог по степени обеспечения безопасности движения в городских условиях / А. И. Ярмолинский, И. Н. Пугачев, Н. Г. Шешера. // Вестник ТОГУ. – 2016. – С. 33–42.

93 A Study of Traffic Capacity / B. D.Greenshields, J. R. Bibbins, W. S. Channing, H. H. Miller. // Highway Research Board Proceedings. – 1935. – №14. – С. 448–477.

94 Accident Prediction Models and Road Safety Impact Assessment: recommendations for using these tools [Електронний ресурс] / [R. Eenink, M. Reurings, R. Elvik та ін.]. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/ripcord_d02_road_safety_impact_assessment.pdf.

95 Andrii Vozniuk, Mykola Gukov. An approach to detecting road sections with limited visibility using three-dimensional model of road. Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania». Transport engineering and management. 8 May 2013. Vilnius. Lithuania. P. 81-84.

96 Annual safety report 2018 [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2018.pdf

97 Bartlett R. Dimensions of vehicles - the physical dimensions of road vehicles / Bartlett. // Global Transport Atlas. – 2012. – С. 1–5.

98 Bezuglyi A.O., Kontseva V.V., Vozniuk A.B., Stasiuk B.O. The necessity for organisation of road traffic to increase safety on roads after road works. News of science and education. 2019. №5 (66). P. 75-94.

99 Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data [Електронний ресурс] / [T. Dingus, F. Guo, S. Lee та ін.]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.pnas.org/content/113/10/2636.

100 Elvik M. Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks – Best practice guidelines and implementation steps [Електронний ресурс] / Elvik // Oslo. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: https://www.toi.no/getfile.php/137993-1201092114/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2007/919-2007/919-2007-sum.pdf.

101 Genealogy of traffic flow models / F.Kessels, S. Hoogendoorn, C. Vuik, K. Lint. // EURO Journal on Transportation and Logistics. – 2015. – №4. – С. 445–473.

102 Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology / D.Fisher, M. Rizzo, J. Caird, J. Lee., 2011. – 752 с.

103 How London got rid of private cars – and grew more congested than ever [Електронний ресурс] // Guardian News. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.theguardian.com/politics/2020/feb/11/how-london-got-rid-of-private-cars-and-grew-more-congested-than-ever.

104 Impact of Road Bends on Traffic Flow in a Single-Lane Traffic System [Електронний ресурс] / [Z. Junwei, Q. Yongsheng, X. Dejie та ін.] // Mathematical Problems in Engineering. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://dx.doi.org/10.1155/2014/218465.

105 Influence of large vehicles on the speed of expressway traffic flow [Електронний ресурс] / [G. Chao, X. Jinliang, J. Xingli та ін.] // Hindawi, Advances in

Civil Engineering. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://doi.org/10.1155/2020/2454106.

106 Investigating Car Users' Driving Behaviour through Speed Analysis / [L. Eboli, G. Guido, G. Mazzulla та ін.]. // Promet – Traffic&Transportation. – 2017. – С. 193–202.

107 Jacob B. Assessment of the accuracy and classification of weigh-in-motion systems statistical background / Jacob. // International Journal of Vehicle Design - Heavy Vehicle Systems. – 2000. – С. 136–152.

108 Jacob B. Weigh-in-Motion of Road Vehicles [Електронний ресурс] / B. Jacob, E. O`Brien, S. Jehaes. – 2002. – Режим доступу до ресурсу: http://www.is-wim.org/doc/wim_eu_specs_cost323.pdf.

109 Nasuha Nor Azlan N. Overview Of Application Of Traffic Simulation Model [Електронний ресурс] / N. Nasuha Nor Azlan, M. Md Rohani // MATEC Web of Conferences 150. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://doi.org/10.1051/matecconf/201815003006.

110 Perkins S. Traffic Conflicts Procedures Manual / Perkins. // General Motors Research Publication. – 1969.

111 Rappoport H. Die Ausbildung plangeicher Knotenpunkte im Landstrassennetz / H. Rappoport. // Strassen und Tiefbau. – 1955. – №8. – С. 499–510.

112 REGULATION (EU) No 1315/2013 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013R1315.

113 Road infrastructure safety management. Results from RiPCORD-iSEREST Project – Режим доступу: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/ripcord_infrastructure_safety_management_brochure.pdf

114 Road safety audit guidelines for safety checks of new road projects. – 2011. – С. 385.

115 Save LIVES - A road safety technical package [Електронний ресурс] // L'IV Com Sàrl, Villars-sous-Yens, Switzerland. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255199/9789241511704 -eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

116 Schnabel W. Werner Schnabel Grundlagen der Strassen-verkehrstechnik und der Verkehrsplanung. dritte volstaendig ueberarbeitete Auflage / W. Schnabel, D. Lohse. – Berlin, Wien, Zuerich, 2011. Band 1. – 619 p., Band 2. – 632 p.

117 Søndergaard O. Why do road traffic accidents occur? [Електронний ресурс] / Søndergaard // Danish Road Traffic Accident Investigation Board. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://www.hvu.dk/SiteCollection Documents/HVUdec14_UK_HvorforSkerUlykkerne.pdf.

118 Sugrue T. The Origins of the Urban Crisis: Race and Inequality in Postwar Detroit. / Sugrue. // Princeton University Press. – 2005. – С. 47–49.

119 Tay R. Personality and speeding – Some policy implications / R. Tay, P. Champness, B. Watson. // IATSS RESEARCH. – 2003. – С. 68–74.

120 The Photographic Method of Studying Traffic Behavior / B. D.Greenshields, J. T. Thompson, H. C. Dickinson, R. S. Swinton. // Highway Research Board Proceedings. – 1934. – №13. – С. 382–399.

121 Tingvall C. Vision Zero - An ethical approach to safety and mobility [Електронний ресурс] / C. Tingvall, N. Haworth // 6th ITE International Conference Road Safety & Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne, 6-7 September 1999.. – 1999. – Режим доступу до ресурсу: https://www.monash.edu/muarc/archive/our-publications/papers/visionzero#:~:text=Vision%20Zero%20is%20a%20philosophy,and %20long%2Dterm%20is%20discussed.

122 TomTom MOVE [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://move.tomtom.com.

123 Traffic Flow Modeling: Genealogy / F.Wageningen-Kessels, S. Hoogendoorn, K. Vuik, H. Lint. // Transportation Research. – 2015. – №195. – С. 1–16.

124 Vozniuk A, Kaskiv V. Use of Big Data for actualization of approaches to road accident analysis. Technology audit and production reserves. 2020. №3/2(53) P. 23-37. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.205354

125 Vozniuk A., Kaskiv V. Towards traffic flow modelling approaches updating. World Science. 2020. Vol. 9(61).

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340

126 Vozniuk A. An approach to detecting road sections with limited visibility using three-dimensional model of road / A. Vozniuk, M. Gukov. // Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania». Transport engineering and management, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania. – 2013. – С. 81–84

127 Weigh in Motion in Ukraine [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://bit.ly/wiminbrief.

128 Zanne M. The impact of traffic flow structure on traffic safety: the case of Slovenian motorways / M. Zanne, A. Groznik. // Vilnius Gediminas Technical University, Transport. – 2018. – №33. – С. 216–222.

129 Zefreh M. Average Vehicles Length in Two-lane Urban Roads: A Case Study in Budapest / M. Zefreh, A. Török, F. Mészáros. // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. – 2017. – №45. – С. 218–222.

ДОДАТОК А
ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ МАНЕВРУ ОБГОНУ

Початкові дані:

- категорія дороги - II;

- середньорічна добова інтенсивність руху - 10000 авто/добу (або 5000 авто/добу для кожного з напрямків);

- середньодобова годинна інтенсивність руху – 1250 авто/год (або 625 авто/годину для кожного з напрямків руху;

- середня швидкість руху – 80 км/год.

За формулою (1.5), щільність транспортного потоку на кожному напрямку руху складає 8 авто/км. Виходячи із закону нормального розподілу, «зайнятий динамічний габарит» буде з'являтися через 12 «вільних динамічних габаритів».

Нижче наведений розрахунок оцінки можливостей обгону 1, 2 та 3-х «зайнятих динамічних габаритів» (табл. А.1 - А.5).

Таблиця А.1 – Результати розрахунків для швидкостей 80 та 140 км/год

кількість «зайнятих динамічних габаритів», необхідних для здійснення обгону	1	2	3
ймовірність потреби обгону відповідної кількості автомобілів	0,9	0,8	0,8
гарантована кількість «вільних динамічних габаритів»	5,3	8,0	10,7
ступінь задоволеності	1,5	1,0	0,8

Таблиця А.2 – Результати розрахунків для швидкостей 80 та 130 км/год

кількість «зайнятих динамічних габаритів», необхідних для здійснення обгону	1	2	3
ймовірність потреби обгону відповідної кількості автомобілів	0,9	0,8	0,8
гарантована кількість «вільних динамічних габаритів»	6,4	9,6	12,8
ступінь задоволеності	1,3	0,8	0,6

Таблиця А.3 – Результати розрахунків для швидкостей 80 та 120 км/год

кількість «зайнятих динамічних габаритів», необхідних для здійснення обгону	1	2	3
ймовірність потреби обгону відповідної кількості автомобілів	0,9	0,8	0,8
гарантована кількість «вільних динамічних габаритів»	8,0	12,0	16,0
ступінь задоволеності	1,0	0,7	0,5

Таблиця А.4 – Результати розрахунків для швидкостей 80 та 110 км/год

кількість «зайнятих динамічних габаритів», необхідних для здійснення обгону	1	2	3
ймовірність потреби обгону відповідної кількості автомобілів	0,9	0,8	0,8
гарантована кількість «вільних динамічних габаритів»	10,7	16,0	21,3
ступінь задоволеності	0,8	0,5	0,4

Таблиця А.5 – Результати розрахунків для швидкостей 80 та 100 км/год

кількість «зайнятих динамічних габаритів», необхідних для здійснення обгону	1	2	3
ймовірність потреби обгону відповідної кількості автомобілів	0,9	0,8	0,8
гарантована кількість «вільних динамічних габаритів»	16,0	24,0	32,0
ступінь задоволеності	0,5	0,3	0,3

Умовою можливості здійснення маневру обгону "з ходу" є:

«ймовірність необхідності обгону відповідної кількості автомобілів» > *«ступінь задоволеності»*

та

«ступінь задоволеності» > 0,7

Аналіз розрахунків показує, що маневр обгону «з ходу» 1-го, 2-х та 3-х автомобілів одночасно при співвідношенні швидкостей 80 та 140 км/год, буде забезпечений завжди; при співвідношенні швидкостей 80 та 130 км/год, а також 80 та 120 км/год буде забезпечений обгін 1-го та 2-х автомобілів «з ходу»; при співвідношенні швидкостей 80 та 110 км/год буде забезпечений обгін "з ходу" лише 1-го автомобіля; а при співвідношенні швидкостей 80 та 100 км/год обгін «з ходу» не буде гарантований.

ДОДАТОК Б

ДАНІ ПРО ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, СКЛАД РУХУ ТА ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ М-14 (км 177+366 – км 221+883)

Зведена відомість результатів визначення середньорічної добової інтенсивності руху дорожніх транспортних засобів на основних перегонах автомобільних доріг державного значення в межах Херсонської області

Індекс дороги	Місце визначення інтенсивності руху, км	Назва ділянки				Середньорічна добова інтенсивність дорожніх транспортних засобів по типах транспортних засобів										Разом
		Від		До		Легкові	Мікро-автобуси	Автобуси середні	Автобуси важкі	Вантажні легкі	Вантажні середні	Вантажні важкі	Автопоїзди		Мотоцикли та інші ТЗ	
													Тягачі з напівпричепом	Тягачі з причепом		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R
M-14	207	177	531	207	151	6840	229	76	60	1071	377	424	1113	244	0	**10 434**
	208	207	151	211	831	6409	176	12	9	659	100	365	939	168	0	**8 837**
	220	211	831	221	631	5755	14	7	23	1361	292	470	987	176	0	**9 085**
	244	243	431	280	287	2897	80	45	9	375	152	339	722	112	0	**4 731**
	291	280	287	292	431	2477	14	0	0	396	137	151	566	163	0	**3 904**
	293	292	431	297	535	2603	14	0	0	626	130	223	488	183	0	**4 267**
	316	297	535	316	364	2293	44	0	0	247	109	189	196	85	0	**3 163**
	322	316	364	346	768	1962	29	44	10	276	153	131	203	109	0	**2 917**
	378	346	768	378	053	1522	49	12	21	304	109	219	295	56	0	**2 587**
	379	378	053	395	893	1749	49	12	21	352	109	231	319	64	0	**2 906**
	396	395	893	400	531	1887	49	12	21	255	122	207	331	64	0	**2 948**
	Під'їзд до м.Херсона з боку м.Миколаєва															
	0+100	0	0	4	900	4576	100	71	60	641	235	82	346	76	0	**6 187**
M-17	3	0	0	7	044	6208	43	7	23	998	699	456	1182	160	0	**9 776**
	9	7	044	13	235	14096	455	301	103	2150	675	558	1229	176	0	**19 743**
	21	13	235	21	820	5740	122	86	40	1295	202	518	850	122	0	**8 975**
	22	21	820	38	320	4460	87	52	30	959	291	186	230	47	0	**6 342**
	54	38	320	54	839	3369	38	22	14	752	81	103	105	17	0	**4 501**
	55	54	839	66	954	2809	60	32	14	433	119	60	157	22	0	**3 706**
	67	66	954	78	261	2154	92	22	7	336	60	49	44	22	0	**2 786**
	87	78	261	87	165	937	21	0	6	139	26	0	14	4	0	**1 147**
	98	87	165	114	367	1003	0	0	6	72	5	0	7	4	0	**1 097**
M-18	483	458	460	484	050	2794	48	0	21	167	18	30	103	9	0	**3 190**
	497	484	050	497	493	2332	41	0	7	117	18	29	70	8	0	**2 622**
	499	497	493	499	820	4903	59	21	8	269	102	43	98	17	0	**5 520**
	500	499	820	526	056	1814	32	0	0	32	16	11	0	0	0	**1 905**
P-47	5	0	0	23	900	7093	113	233	20	567	313	287	871	172	0	**9 669**
	56	23	900	56	400	5293	136	143	21	687	98	159	1003	78	0	**7 618**
	57	56	400	63	0	7319	219	234	28	891	242	204	555	107	0	**9 799**
	66	63	0	66	750	12631	196	536	28	1299	355	249	726	114	0	**16 134**
	70	66	750	70	900	9730	157	213	14	860	295	163	462	98	0	**11 992**
	80	70	900	80	590	2013	82	23	31	392	251	88	205	57	0	**3 142**
	81	80	590	82	600	2630	129	70	31	479	263	88	227	67	0	**3 984**
	90	82	600	93	610	2307	39	118	10	203	92	98	113	92	0	**3 072**
	94	93	610	117	477	1901	53	53	10	177	66	79	174	24	0	**2 537**
	137	117	477	139	110	2755	26	40	0	291	172	46	140	64	0	**3 534**
	143	139	110	159	610	3255	53	40	0	364	165	53	179	56	0	**4 165**

Рисунок Б.1 – Дані про інтенсивність руху та склад руху

Форма збору даних показників рівності дорожнього покриття проїзної частини

Код дороги (міжнародний):
Код дороги (місцевий): **М-14**
Назва дороги: **Одеса-Мелітополь-Новоазовськ**
Господарство: **Служба автомобільних доріг у Херсонській області**

Просторові координати		Від		До		Напрямок	Смуга	Рівність	Рівність	Дата	Категорія дороги	Значення рівності по ДСТУ 3587, см/км	Відповідність покриття
X	У	км	+м	км	+м	руху	руху	IRI	см/км				
46,8454	32,2275	177	531	178	0	прямий	1	2,93	122	19.08.2017	2	51,59	Не відповідає
46,8369	32,2333	178	0	179	0	прямий	1	2,31	74	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,8297	32,2407	179	0	180	0	прямий	1	2,18	66	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,8223	32,2493	180	0	181	0	прямий	1	2,70	103	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,8154	32,2575	181	0	182	0	прямий	1	3,06	133	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,8082	32,2660	182	0	183	0	прямий	1	3,21	147	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,8018	32,2743	183	0	184	0	прямий	1	3,33	158	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7949	32,2835	184	0	185	0	прямий	1	2,45	84	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7886	32,2920	185	0	186	0	прямий	1	1,41	27	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7832	32,3028	186	0	187	0	прямий	1	1,97	54	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7787	32,3136	187	0	188	0	прямий	1	1,85	47	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7740	32,3250	188	0	189	0	прямий	1	2,14	64	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7692	32,3367	189	0	190	0	прямий	1	2,45	84	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7648	32,3478	190	0	191	0	прямий	1	2,14	64	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7601	32,3590	191	0	192	0	прямий	1	1,86	48	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7544	32,3701	192	0	193	0	прямий	1	1,82	46	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7493	32,3804	193	0	194	0	прямий	1	1,80	45	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7435	32,3901	194	0	195	0	прямий	1	1,97	54	19.08.2017	1	90	Відповідає
46,7351	32,3960	195	0	196	0	прямий	1	3,63	188	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,7274	32,4011	196	0	197	0	прямий	1	3,85	212	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,7192	32,4073	197	0	198	0	прямий	1	3,42	167	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,7132	32,4171	198	0	199	0	прямий	1	4,89	347	19.08.2017	1	90	Аварійний
46,7085	32,4277	199	0	200	0	прямий	1	4,87	344	19.08.2017	1	90	Аварійний
46,7038	32,4393	200	0	201	0	прямий	1	4,45	286	19.08.2017	1	90	Аварійний
46,7008	32,4519	201	0	202	0	прямий	1	3,95	224	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,6994	32,4642	202	0	203	0	прямий	1	3,08	135	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,6984	32,4772	203	0	204	0	прямий	1	3,54	179	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,6965	32,4899	204	0	205	0	прямий	1	4,86	343	19.08.2017	1	90	Аварійний
46,6946	32,5028	205	0	206	0	прямий	1	3,04	131	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,6929	32,5160	206	0	207	0	прямий	1	3,50	175	19.08.2017	1	90	Не відповідає
46,6917	32,5242	207	0	208	0	прямий	1	4,27	262	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6950	32,5275	208	0	209	0	прямий	1	2,54	90	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,7034	32,5344	209	0	210	0	прямий	1	3,49	174	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7105	32,5409	210	0	211	0	прямий	1	3,03	130	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7172	32,5501	211	0	212	0	прямий	1	3,81	208	19.08.2017	2	110	Не відповідає

Рисунок Б.2 – Дані про транспортно-експлуатаційні характеристики дорожнього одягу

Просторові координати		Від		До		Напрямок	Смуга	Рівність	Рівність	Дата	Категорія дороги	Значення рівності по ДСТУ 3587, см/км	Відповідність покриття
X	У	км	+м	км	+м	руху	руху	IRI	см/км				
46,7188	32,5628	212	0	213	0	прямий	1	3,83	210	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7200	32,5758	213	0	214	0	прямий	1	3,96	225	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7208	32,5885	214	0	215	0	прямий	1	4,45	286	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,7233	32,6015	215	0	216	0	прямий	1	4,05	235	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7253	32,6145	216	0	217	0	прямий	1	4,33	270	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,7272	32,6279	217	0	218	0	прямий	1	3,91	219	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7291	32,6397	218	0	219	0	прямий	1	2,93	121	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7312	32,6524	219	0	220	0	прямий	1	4,02	232	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7309	32,6658	220	0	221	0	прямий	1	2,93	121	19.08.2017	2	110	Не відповідає
46,7301	32,6784	221	0	221	631	прямий	1	1,71	40	19.08.2017	2	69,41	Відповідає
46,7291	32,6926												
46,6090	32,8458	243	431	244	0	прямий	1	2,58	94	19.08.2017	2	62,59	Не відповідає
46,6092	32,8524	244	0	245	0	прямий	1	1,53	32	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6116	32,8651	245	0	246	0	прямий	1	1,77	43	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6156	32,8770	246	0	247	0	прямий	1	1,49	31	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6194	32,8883	247	0	248	0	прямий	1	1,38	26	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6235	32,9007	248	0	249	0	прямий	1	1,48	30	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6271	32,9117	249	0	250	0	прямий	1	1,68	39	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6313	32,9245	250	0	251	0	прямий	1	1,57	34	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6350	32,9361	251	0	252	0	прямий	1	1,71	40	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6388	32,9477	252	0	253	0	прямий	1	1,77	43	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6436	32,9580	253	0	254	0	прямий	1	1,46	29	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6515	32,9658	254	0	255	0	прямий	1	1,39	26	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6591	32,9721	255	0	256	0	прямий	1	1,27	22	19.08.2017	2	110	Відповідає
46,6673	32,9790	256	0	257	0	прямий	1	5,74	481	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6747	32,9852	257	0	258	0	прямий	1	6,41	604	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6824	32,9924	258	0	259	0	прямий	1	6,48	617	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6875	33,0035	259	0	260	0	прямий	1	5,81	494	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6884	33,0163	260	0	261	0	прямий	1	5,43	430	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6879	33,0295	261	0	262	0	прямий	1	7,16	757	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6896	33,0422	262	0	263	0	прямий	1	6,16	556	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6923	33,0543	263	0	264	0	прямий	1	6,55	630	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6953	33,0674	264	0	265	0	прямий	1	6,91	704	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6980	33,0794	265	0	266	0	прямий	1	6,50	622	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,7009	33,0922	266	0	267	0	прямий	1	5,54	448	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,7035	33,1047	267	0	268	0	прямий	1	6,71	662	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,7032	33,1175	268	0	269	0	прямий	1	7,09	742	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6960	33,1245	269	0	270	0	прямий	1	6,72	665	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6876	33,1287	270	0	271	0	прямий	1	6,09	544	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6791	33,1331	271	0	272	0	прямий	1	5,15	385	19.08.2017	2	110	Аварійний
46,6715	33,1393	272	0	273	0	прямий	1	5,27	405	19.08.2017	2	110	Аварійний

Рисунок Б.3 – Дані про транспортно-експлуатаційні характеристики дорожнього одягу

ДОДАТОК В

ДАНІ ПРО ДТП (2018-2020 роки) НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ М-14 (км 177+366 – км 221+883)

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
177	010	97680903	16.11.2018 23:11	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	03 Перевищення безпечної швидкості 03 Перевищення безпечної швидкості 03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
178	000	97722643	16.09.2020 21:11	0	1	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	М-14 ПОСАД ПОКРОВСЬКЕ
178	001	97683365	10.01.2019 7:23	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
179	000	97693100	08.08.2019 12:50	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
179	010	97672792	13.06.2018 8:31	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
179	020	97713200	04.03.2020 13:36	0	0	04 Наїзд на перешкоду		020-024,026 Вантажний автомобіль	М-14 ПОСАД-ПОКРОВСЬКЕ
180	000	97674019	05.07.2018 17:01	0	0	02 Перекидання	18 Управління несправним транспортним засобом	020-024,026 Вантажний автомобіль	
180	010	97673089	26.06.2018 13:31	0	0	04 Наїзд на перешкоду	18 Управління несправним транспортним засобом	020-024,026 Вантажний автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
181	001	97681967	08.12.2018 13:25	0	0	10 Падіння вантажів	13 Порушення правил перевезення вантажів	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	М-14 АЗС ОККО
181	010	97714174	03.04.2020 9:01	0	0	10 Падіння вантажів		020-024,026 Вантажний автомобіль	
181	100	97666148	17.01.2018 5:31	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль	
181	100	97665234	17.01.2018 6:15	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
181	500	97677809	24.09.2018 6:01	1	1	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 010-012	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
								Легковий автомобіль	
181	500	97666146	17.01.2018 5:12	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль	
182	000	97666610	13.02.2018 10:45	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції 19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
182	000	97692476	26.08.2019 13:35	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
182	000	97722632	08.09.2020 13:38	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
182	000	97668341	12.03.2018 21:37	0	1	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	
182	000	97721795	04.09.2020 5:01	0	2	01 Зіткнення		020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
182	200	97684454	09.02.2019 19:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
183	000	97713675	10.04.2020 8:55	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
183	000	97675372	12.08.2018 6:01	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
183	010	97672928	20.06.2018 17:31	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
183	097	97691034	20.07.2019 17:51	0	0	01 Зіткнення	03 Перевищення безпечної швидкості 19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	М-14 С. ПОСАД ПОКРОВСЬКЕ
183	100	97667600	13.02.2018 12:31	0	0	01 Зіткнення		020-024,026 Вантажний автомобіль	
183	300	97713682	10.04.2020 8:40	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
183	370	97725486	08.11.2020 8:50	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	М-14 183 КМ + 370М
183	500	97687593	30.04.2019	0	0	03 Наїзд на	06 Порушення правил	010-012 Легковий автомобіль 010-012	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			13:05			транспортний засіб, що стоїть	маневрування	Легковий автомобіль	
183	900	97724235	19.10.2020 19:01	0	0	06 Наїзд на велосипедиста	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 130,131 Велосипед	М-14 ПОСАД ПОКРОВСЬКЕ
184	010	97672288	19.06.2018 10:41	0	0	01 Зіткнення		025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
184	010	97671514	01.05.2018 20:51	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
184	500	97687206	04.04.2019 2:31	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль	
184	700	97669213	07.04.2018 23:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
185	000	97665390	09.01.2018 6:40	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
185	000	97682517	23.12.2018 5:50	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
185	001	97678587	06.10.2018 18:40	0	0	04 Наїзд на перешкоду			
185	200	97677305	13.09.2018 23:40	0	0	07 Наїзд на гужовий транспорт		010-012 Легковий автомобіль	
186	000	97692032	25.07.2019 9:01	0	1	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
186	000	97717907	18.07.2020 15:01	0	1	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
186	000	97695870	17.10.2019 11:02	0	1	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
186	010	97674863	03.08.2018 18:48	1	0	05 Наїзд на пішохода		020-024,026 Вантажний автомобіль	
186	400	97695548	12.10.2019 18:58	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
186	420	97691048	20.07.2019 13:21	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
187	010	97670775	16.05.2018	0	0	04 Наїзд на	19 Недодержання	025 Автопоїзд 060,061 Причіп	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			6:01			перешкоду	дистанції		
188	010	97723535	10.10.2020 12:45	0	0	01 Зіткнення	03 Перевищення безпечної швидкості 19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
188	800	97723512	10.10.2020 12:30	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
189	000	97691173	14.07.2019 18:07	0	4	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
189	300	97722329	17.09.2020 16:30	0	1	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 025 Автопоїзд	
190	000	97720191	11.08.2020 6:30	0	1	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть		020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
190	010	97665338	24.01.2018 14:05	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
191	000	97665633	09.01.2018 7:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
192	010	97678431	09.10.2018 10:31	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
192	010	97679780	28.11.2018 21:19	0	0	04 Наїзд на перешкоду		025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
193	000	97676629	07.09.2018 22:50	0	1	01 Зіткнення		020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
194	000	97721175	26.08.2020 12:25	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
194	000	97692853	23.08.2019 19:10	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
194	100	97717763	20.07.2020 15:55	0	2	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	М-14 194 КМ
194	500	97710821	13.01.2020 18:02	1	0	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	
195	000	97679557	27.10.2018 15:01	0	1	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
195	000	97681448	01.12.2018 11:42	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
195	050	97712875	11.03.2020 21:15	0	0	08 Наїзд на тварин	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
195	500	97694890	14.09.2019 8:10	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
195	900	97716768	02.06.2020 13:08	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
196	001	97676862	22.09.2018 21:10	1	0	05 Наїзд на пішохода		020-024,026 Вантажний автомобіль	
197	000	97675176	07.08.2018 16:50	0	1	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
197	000	97692424	09.08.2019 13:20	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
197	010	97726174	23.11.2020 17:50	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	М-14 197 КМ +10М
198	010	97681064	29.11.2018 22:18	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
198	400	97667096	27.02.2018 15:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
198	400	97667222	27.02.2018 16:11	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
199	650	97667012	28.02.2018 9:41	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
200	001	97683544	02.01.2019 17:50	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
200	010	97680180	16.11.2018 18:45	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
200	100	97668449	13.03.2018 1:51	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
200	800	97673027	05.06.2018 10:01	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
201	100	97674805	23.07.2018 23:05	0	0	08 Наїзд на тварин	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
201	300	97678753	01.10.2018 16:21	0	0	01 Зіткнення	18 Управління несправним транспортним засобом 19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
201	350	97667940	01.03.2018 11:26	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 025 Автопоїзд 025 Автопоїзд	
201	500	97666521	04.02.2018 20:01	0	17	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть		010-012 Легковий автомобіль 070-079 Автобус (інші)	
201	750	97685798	18.03.2019 9:41	0	0	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль	
201	800	97693699	29.08.2019 2:20	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
202	400	97684705	04.02.2019 20:30	1	0	05 Наїзд на пішохода	21 Порушення правил проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів 22 Перехід у невстановленому місці 24 Неочікуваний вихід на проїзну частину		
203	001	97676569	28.08.2018 10:10	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	03 Перевищення безпечної швидкості 19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
203	300	97716861	09.06.2020 14:20	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
203	500	97712054	06.02.2020 7:20	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд	
203	500	97686752	09.04.2019 12:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
203	500	97719867	12.08.2020 17:30	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	М-14 КОНСУЛ
203	500	97693082	04.08.2019	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил	010-012 Легковий автомобіль 025	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			10:30				маневрування	Автопоїзд 060,061 Причіп	
203	500	97710477	16.01.2020 21:30	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
203	500	97683152	15.01.2019 20:21	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
203	654	97725146	05.11.2020 17:44	0	0	04 Наїзд на перешкоду			
203	700	97720641	10.08.2020 13:18	0	1	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
203	700	97696384	14.10.2019 6:35	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
204	010	97685635	21.03.2019 6:45	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	025 Автопоїзд 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
204	500	97682660	19.12.2018 14:30	0	1	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
205	000	97687169	14.04.2019 16:15	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
205	000	97696278	02.10.2019 18:15	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
205	001	97677557	12.09.2018 13:01	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції 03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
205	005	97669344	18.04.2018 13:01	0	0	01 Зіткнення	18 Управління несправним транспортним засобом	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
205	100	97719267	27.07.2020 12:40	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	М-14 205 КМ
205	100	97719250	27.07.2020 17:10	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль 060,061 Причіп	М-14 ПОВОРОТ В БІК. С. МОЛОДІЖНЕ
205	385	97721793	04.09.2020 7:30	0	0	01 Зіткнення	03 Перевищення безпечної швидкості	025 Автопоїзд 060,061 Причіп 070-079 Автобус (інші)	
205	500	97724029	24.10.2020 6:31	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль	
206	000	97717093	17.06.2020	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання	010-012 Легковий автомобіль 025	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			14:10				дистанції	Автопоїзд 060,061 Причіп	
206	000	97718864	25.07.2020 13:40	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
206	000	97718035	26.07.2020 20:15	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
206	000	97696957	01.11.2019 10:40	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
206	000	97698251	25.11.2019 12:50	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
206	000	97693596	25.08.2019 1:30	1	0	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	
206	001	97690584	15.07.2019 10:10	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
206	010	97666668	28.02.2018 21:31	0	0	01 Зіткнення	16 Виїзд на смугу зустрічного руху	010-012 Легковий автомобіль 030-032 Трактор	
206	010	97682476	12.12.2018 19:31	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	025 Автопоїзд 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
206	100	97719157	30.07.2020 7:02	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	М-14 206 КМ + 100 М
206	100	97719518	16.08.2020 12:02	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 070-079 Автобус (інші)	М-14 АЗС "WOG"
206	100	97720386	15.08.2020 7:30	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	М-14 ПОВОРОТ С. ЧОРНОБАЇВКА
206	150	97722160	13.09.2020 15:20	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	М-14 206КМ+150М
206	500	97684975	12.02.2019 18:10	0	2	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	
206	800	97713378	26.03.2020 18:47	0	2	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
207	000	97671955	04.06.2018 21:05	0	1	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
207	001	97682784	27.12.2018 22:15	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
207	010	97685834	21.03.2019 9:21	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
207	150	97692051	25.07.2019 11:01	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
207	250	97679320	05.10.2018 19:20	0	0	08 Наїзд на тварин		020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
207	600	97693899	28.09.2019 8:40	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 070-079 Автобус (інші)	
207	600	97666901	02.02.2018 18:31	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	06 Порушення правил маневрування	025 Автопоїзд 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
207	733	97697915	26.11.2019 16:30	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
208	000	97674654	07.07.2018 18:01	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
208	000	97673815	15.07.2018 16:11	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
208	105	97673502	17.07.2018 17:35	0	0	01 Зіткнення		020-024,026 Вантажний автомобіль	
208	950	97711639	24.02.2020 14:15	0	0	10 Падіння вантажів	18 Управління несправним транспортним засобом	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
209	000	97687454	20.04.2019 9:20	0	0	04 Наїзд на перешкоду	18 Управління несправним транспортним засобом	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
209	100	97719600	08.08.2020 5:30	0	1	01 Зіткнення		020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 025 Автопоїзд	
210	010	97698584	17.12.2019	0	1	05 Наїзд на пішохода		010-012 Легковий автомобіль	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			17:33						
210	070	97698932	04.12.2019 2:40	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості	025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
211	000	97687608	19.04.2019 8:50	0	2	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
211	000	97690388	30.06.2019 17:27	0	2	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	М-14 211
211	000	97718823	30.07.2020 8:01	0	1	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
211	000	97723445	27.10.2020 14:35	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	М-14 СХІДНЕ-М14
211	000	97713550	31.03.2020 18:12	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
211	010	97670616	13.05.2018 12:21	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
211	199	97696875	21.10.2019 16:01	0	2	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
211	200	97682644	19.12.2018 8:51	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
211	230	97688456	04.05.2019 8:45	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 060,061 Причіп	
211	500	97675114	26.08.2018 0:25	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
211	600	97711437	18.02.2020 14:55	0	0	04 Наїзд на перешкоду	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль	
212	000	97697694	14.11.2019 7:30	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування 06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
212	000	97690055	07.06.2019 23:05	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
212	000	97724061	02.10.2020 6:01	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
212	500	97697054	02.11.2019	0	1	01 Зіткнення	16 Виїзд на смугу	010-012 Легковий автомобіль 010-012	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			18:05				зустрічного руху	Легковий автомобіль 070-079 Автобус (інші)	
212	700	97670084	29.04.2018 16:39	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
213	100	97672714	26.06.2018 17:01	0	0	02 Перекидання	18 Управління несправним транспортним засобом	020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
213	300	97674411	19.07.2018 10:30	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
213	400	97694292	27.09.2019 15:30	0	1	01 Зіткнення	17 Порушення правил проїзду перехресть	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
214	353	97722482	26.09.2020 19:50	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	
215	000	97718792	01.07.2020 3:55	1	0	01 Зіткнення	16 Виїзд на смугу зустрічного руху	020-024,026 Вантажний автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	М-14 С. МОЛОДІЖНЕ
215	123	97685028	22.02.2019 15:45	0	0	01 Зіткнення	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
215	300	97712044	06.02.2020 8:30	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
215	600	97674708	14.07.2018 13:50	0	0	04 Наїзд на перешкоду	06 Порушення правил маневрування	030-032 Трактор	М-14 ПОЛЕ НАЇЗД НА ЕЛЕКТРООПОРУ
216	010	97678088	25.09.2018 1:01	0	0	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль	
216	500	97675624	09.08.2018 3:05	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
217	200	97682459	12.12.2018 10:41	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
218	000	97670559	17.05.2018 13:15	0	0	04 Наїзд на перешкоду		010-012 Легковий автомобіль	М-14 ЗЕЛЕНІВКА
218	500	97678203	02.10.2018 13:30	0	0	02 Перекидання	03 Перевищення безпечної швидкості 19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль	
219	000	97683560	03.01.2019	0	0	01 Зіткнення	17 Порушення правил	010-012 Легковий автомобіль 020-	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
			13:10				проїзду перехресть	024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
219	000	97715034	15.05.2020 20:01	0	1	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 121,122 Мопед	
219	010	97690608	24.07.2019 11:24	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
219	050	97713667	10.04.2020 8:54	0	0	01 Зіткнення		020-024,026 Вантажний автомобіль	
219	400	97716682	05.06.2020 11:01	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
219	600	97723134	26.09.2020 21:10	1	0	05 Наїзд на пішохода	22 Перехід у невстановленому місці	010-012 Легковий автомобіль	М-14 С. МОЛОДІЖНЕ
220	000	97669871	15.04.2018 12:40	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
220	000	97721293	30.08.2020 18:13	0	1	02 Перекидання		121,122 Мопед	
220	301	97717401	25.06.2020 7:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
220	700	97680235	04.11.2018 17:40	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль	
220	900	97686978	06.04.2019 13:01	0	3	01 Зіткнення		010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
221	000	97714576	01.05.2020 13:23	0	1	04 Наїзд на перешкоду	20 Перевтома, сон за кермом	010-012 Легковий автомобіль	М-14 АЗС WOG
221	000	97691767	22.07.2019 9:45	0	0	04 Наїзд на перешкоду	11 Порушення правил зупинки і стоянки транспортного засобу	020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	
221	000	97723580	10.10.2020 14:01	0	0	01 Зіткнення	06 Порушення правил маневрування	010-012 Легковий автомобіль 010-012 Легковий автомобіль	
221	000	97686666	10.04.2019 22:30	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	06 Порушення правил маневрування	020-024,026 Вантажний автомобіль 020-024,026 Вантажний автомобіль 060,061 Причіп	

км	м	Номер картки	Дата та час скоєння	Заги-нуло	Трав-мовано	Вид пригоди	Порушення ПДР	ТЗ	Примітка
221	010	97672457	14.06.2018 17:51	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості	010-012 Легковий автомобіль	
221	100	97695719	09.10.2019 16:01	0	0	01 Зіткнення	19 Недодержання дистанції	020-024,026 Вантажний автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
221	600	97683913	17.01.2019 1:31	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	19 Недодержання дистанції	025 Автопоїзд 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	
222	000	97685735	27.03.2019 17:30	0	0	03 Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	19 Недодержання дистанції	010-012 Легковий автомобіль 025 Автопоїзд 060,061 Причіп	М-14 0
222	000	97696217	01.10.2019 16:01	0	0	04 Наїзд на перешкоду	03 Перевищення безпечної швидкості 01 Керування транспортним засобом у нетверезому стані	010-012 Легковий автомобіль	

ДОДАТОК Г

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКА НЕВІДПОВІДНОСТІ НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ М-14 (км 177+366 – км 221+883)

Таблиця Г.1 – Результати розрахунку показників невідповідності для дороги М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883 (прямий напрям руху)

№ ділянки	Початковий км+	Кінцевий км+	Катего-рія дороги	Vмін	Причина зниження швидкості	Пн	Граничний показник	Висновок
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	177+366,30	177+718,90	Іб	87				
2	177+718,90	177+787,60	Іб	87		0	11,3	Безпечно
3	177+787,60	177+822,30	Іб	87		0	11,3	Безпечно
4	177+822,30	177+839,60	Іб	87		0	11,3	Безпечно
5	177+839,60	177+856,90	Іб	87		0	11,3	Безпечно
6	177+856,90	177+874,50	Іб	87		0	11,3	Безпечно
7	177+874,50	177+892,20	Іб	87		0	11,3	Безпечно
8	177+892,20	177+910,20	Іб	87		0	11,3	Безпечно
9	177+910,20	177+928,40	Іб	87		0	11,3	Безпечно
10	177+928,40	178+638,80	Іб	87		0	11,3	Безпечно
11	178+638,80	178+854,80	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
12	178+854,80	179+301,80	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
13	179+301,80	179+356,50	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
14	179+356,50	179+413,40	II	40	Соціальна активність	0	13,3	Безпечно
15	179+413,40	180+558,10	II	98	Інтенсивність руху	-23,7	13,3	Безпечно
16	180+558,10	180+663,40	II	40	Соціальна активність	142,1	11,1	Небезпечно
17	180+663,40	180+744,60	II	98	Інтенсивність руху	-23,7	13,3	Безпечно
18	180+744,60	180+786,40	II	40	Соціальна активність	142,1	11,1	Небезпечно
19	180+786,40	180+907,60	II	98	Інтенсивність руху	-23,7	13,3	Безпечно
20	180+907,60	181+801,00	II	50	Населений пункт	94,1	11,1	Небезпечно
21	181+801,00	181+851,30	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
22	181+851,30	181+967,20	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
23	181+967,20	182+137,10	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно

Продовження таблиці Г.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	182+137,10	182+499,10	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
25	182+499,10	182+512,90	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
26	182+512,90	182+751,80	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
27	182+751,80	182+765,10	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
28	182+765,10	183+165,20	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
29	183+165,20	183+178,10	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
30	183+178,10	183+798,80	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
31	183+798,80	184+008,50	II	76	Незадовільна рівність	-17,1	12,5	Безпечно
32	184+008,50	184+070,80	II	98	Інтенсивність руху	-17,1	11,5	Безпечно
33	184+070,80	184+113,90	II	83	Горизонтальна крива	17,7	11,1	Небезпечно
34	184+113,90	184+315,10	II	98	Інтенсивність руху	-12,7	11,4	Безпечно
35	184+315,10	189+809,90	Іб	87		12,4	11,1	Небезпечно
36	189+809,90	189+825,60	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
37	189+825,60	194+354,50	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
38	194+354,50	194+363,70	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
39	194+363,70	195+002,50	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
40	195+002,50	196+017,70	Іб	59	Незадовільна рівність	41,3	11,3	Небезпечно
41	196+017,70	197+025,10	Іб	57	Незадовільна рівність	2,1	12	Безпечно
42	197+025,10	198+020,20	Іб	62	Незадовільна рівність	-4,6	12,1	Безпечно
43	198+020,20	198+203,20	Іб	50	Незадовільна рівність	14,9	11,9	Небезпечно
44	198+203,20	198+204,90	Іб	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
45	198+204,90	200+024,70	Іб	50	Незадовільна рівність	-8	13,3	Безпечно
46	200+024,70	201+013,60	Іб	53	Незадовільна рівність	-2,8	12,5	Безпечно
47	201+013,60	202+004,00	Іб	57	Незадовільна рівність	-3,7	12,3	Безпечно
48	202+004,00	203+015,50	Іб	65	Незадовільна рівність	-7	12,1	Безпечно

Продовження таблиці Г.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	203+015,50	203+771,70	Іб	60	Незадовільна рівність	5,4	11,8	Безпечно
50	203+771,70	203+953,20	Іб	40	Соціальна активність	30	12	Небезпечно
51	203+953,20	204+005,20	Іб	60	Незадовільна рівність	-13,3	13,3	Безпечно
52	204+005,20	205+005,00	Іб	50	Незадовільна рівність	12	12	Небезпечно
53	205+005,00	206+002,60	Іб	66	Незадовільна рівність	-12,1	12,5	Безпечно
54	206+002,60	206+721,30	Іб	61	Незадовільна рівність	5,4	11,8	Безпечно
55	206+721,30	207+000,80	II	74	Незадовільна рівність	-10,7	12	Безпечно
56	207+000,80	207+056,90	II	67	Незадовільна рівність	7,7	11,6	Безпечно
57	207+056,90	207+064,60	II	66	Видимість зустрічного транспорту	1	11,8	Безпечно
58	207+064,60	207+085,80	II	64	Видимість зустрічного транспорту	2,1	11,8	Безпечно
59	207+085,80	207+106,90	II	59	Видимість зустрічного транспорту	5,4	11,9	Безпечно
60	207+106,90	207+128,00	II	58	Видимість зустрічного транспорту	1	12	Безпечно
61	207+128,00	207+141,40	II	67	Незадовільна рівність	-7,8	12,1	Безпечно
62	207+141,40	207+166,30	II	33	Горизонтальна крива	69	11,8	Небезпечно
63	207+166,30	207+213,30	II	43	Горизонтальна крива	-7,7	14,3	Безпечно
64	207+213,30	207+221,70	II	69	Незадовільна рівність	-16,2	13	Безпечно
65	207+221,70	207+231,10	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно
66	207+231,10	207+241,30	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно
67	207+241,30	207+251,80	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно
68	207+251,80	207+262,60	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно
69	207+262,60	207+274,10	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно
70	207+274,10	207+286,20	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно

Продовження таблиці Г.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
71	207+286,20	207+809,00	II	69	Незадовільна рівність	0	11,7	Безпечно
72	207+809,00	208+409,90	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно
73	208+409,90	209+019,70	II	99	Інтенсивність руху	-23,8	13,3	Безпечно
74	209+019,70	210+013,90	II	76	Незадовільна рівність	30	11,1	Небезпечно
75	210+013,90	211+019,50	II	82	Незадовільна рівність	-5,6	11,5	Безпечно
76	211+019,50	211+841,60	II	73	Незадовільна рівність	10,1	11,4	Безпечно
77	211+841,60	213+006,00	II	71	Незадовільна рівність	2,1	11,6	Безпечно
78	213+006,00	214+005,90	II	70	Незадовільна рівність	1	11,6	Безпечно
79	214+005,90	215+003,90	II	66	Незадовільна рівність	4,2	11,7	Безпечно
80	215+003,90	215+341,50	II	69	Незадовільна рівність	-2,9	11,8	Безпечно
81	215+341,50	215+501,50	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно
82	215+501,50	216+019,50	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
83	216+019,50	217+018,10	II	67	Незадовільна рівність	2,1	11,7	Безпечно
84	217+018,10	218+022,10	II	70	Незадовільна рівність	-2,9	11,8	Безпечно
85	218+022,10	218+436,30	II	99	Інтенсивність руху	-20,5	11,7	Безпечно
86	218+436,30	218+483,40	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
87	218+483,40	218+507,00	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
88	218+507,00	218+530,70	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
89	218+530,70	218+554,30	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
90	218+554,30	218+577,80	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
91	218+577,80	218+601,30	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
92	218+601,30	218+813,50	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
93	218+813,50	218+836,80	II	98	Поздовжній похил	1	11,1	Безпечно
94	218+836,80	218+860,10	II	99	Поздовжній похил	-1	11,1	Безпечно

Кінець таблиці Г.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
95	218+860,10	218+883,10	II	96	Поздовжній похил	3,1	11,1	Безпечно
96	218+883,10	219+021,50	II	99	Поздовжній похил	-2,9	11,2	Безпечно
97	219+021,50	219+164,80	II	69	Незадовільна рівність	43	11,1	Небезпечно
98	219+164,80	219+444,40	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно
99	219+444,40	219+626,40	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
100	219+626,40	219+743,30	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно
101	219+743,30	220+021,40	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
102	220+021,40	220+374,40	II	99	Інтенсивність руху	-20,9	11,7	Безпечно
103	220+374,40	220+398,50	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
104	220+398,50	220+422,50	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
105	220+422,50	220+470,50	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
106	220+470,50	221+247,30	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
107	221+247,30	221+269,80	II	95	Поздовжній похил	4,2	11,1	Безпечно
108	221+269,80	221+292,50	II	96	Поздовжній похил	-1	11,2	Безпечно
109	221+292,50	221+382,10	II	99	Інтенсивність руху	-2,9	11,2	Безпечно
110	221+382,10	221+833,50	II	40	Соціальна активність	146	11,1	Небезпечно

Таблиця Г.2 – Результати розрахунку показників невідповідності для дороги М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883 (зворотний напрям руху)

№ ділянки	Початковий км+	Кінцевий км+	Категорія дороги	Vмін	Причина зниження швидкості	Пн	Граничний показник	Висновок
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	177+366,30	177+718,90	Іб	87		-2	11,3	Безпечно
2	177+718,90	177+787,60	Іб	85	Поздовжній похил	-4,7	11,4	Безпечно
3	177+787,60	177+822,30	Іб	80	Поздовжній похил	1	11,4	Безпечно
4	177+822,30	177+839,60	Іб	81	Поздовжній похил	-5,6	11,5	Безпечно

Продовження таблиці Г.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	177+839,60	177+856,90	Іб	75	Поздовжній похил	5,3	11,4	Безпечно
6	177+856,90	177+874,50	Іб	80	Поздовжній похил	2	11,4	Безпечно
7	177+874,50	177+892,20	Іб	82	Поздовжній похил	-1	11,4	Безпечно
8	177+892,20	177+910,20	Іб	81	Поздовжній похил	2	11,4	Безпечно
9	177+910,20	177+928,40	Іб	83	Поздовжній похил	4,2	11,3	Безпечно
10	177+928,40	178+638,80	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
11	178+638,80	178+854,80	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
12	178+854,80	179+301,80	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
13	179+301,80	179+356,50	Іб	40	Соціальна активність	0	13,3	Безпечно
14	179+356,50	179+413,40	II	40	Соціальна активність	142,1	11,1	Небезпечно
15	179+413,40	180+558,10	II	98	Інтенсивність руху	-23,7	13,3	Безпечно
16	180+558,10	180+663,40	II	40	Соціальна активність	142,1	11,1	Небезпечно
17	180+663,40	180+744,60	II	98	Інтенсивність руху	-23,7	13,3	Безпечно
18	180+744,60	180+786,40	II	40	Соціальна активність	142,1	11,1	Небезпечно
19	180+786,40	180+907,60	II	98	Інтенсивність руху	-24,5	12,5	Безпечно
20	180+907,60	181+801,00	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
21	181+801,00	181+851,30	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
22	181+851,30	181+967,20	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
23	181+967,20	182+137,10	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
24	182+137,10	182+499,10	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
25	182+499,10	182+512,90	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
26	182+512,90	182+751,80	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
27	182+751,80	182+765,10	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
28	182+765,10	183+165,20	II	50	Населений пункт	-8	13,3	Безпечно
29	183+165,20	183+178,10	II	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно

Продовження таблиці Г.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	183+178,10	183+798,80	II	50	Населений пункт	39,5	11,5	Небезпечно
31	183+798,80	184+008,50	II	76	Незадовільна рівність	28,4	11,1	Небезпечно
32	184+008,50	184+070,80	II	98	Інтенсивність руху	-12,7	11,4	Безпечно
33	184+070,80	184+113,90	II	83	Горизонтальна крива	17,7	11,1	Небезпечно
34	184+113,90	184+315,10	II	98	Інтенсивність руху	-9,8	11,3	Безпечно
35	184+315,10	189+809,90	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
36	189+809,90	189+825,60	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
37	189+825,60	194+354,50	Іб	87		-21,6	13,3	Безпечно
38	194+354,50	194+363,70	Іб	40	Соціальна активність	102,2	11,3	Небезпечно
39	194+363,70	195+002,50	Іб	87		-19	12	Безпечно
40	195+002,50	196+017,70	Іб	59	Незадовільна рівність	-1,9	12,1	Безпечно
41	196+017,70	197+025,10	Іб	57	Незадовільна рівність	5,4	11,9	Безпечно
42	197+025,10	198+020,20	Іб	62	Незадовільна рівність	-9,7	12,5	Безпечно
43	198+020,20	198+203,20	Іб	50	Незадовільна рівність	-8	13,3	Безпечно
44	198+203,20	198+204,90	Іб	40	Соціальна активність	12,5	12,5	Небезпечно
45	198+204,90	200+024,70	Іб	50	Незадовільна рівність	3,2	12,3	Безпечно
46	200+024,70	201+013,60	Іб	53	Незадовільна рівність	4,3	12,1	Безпечно
47	201+013,60	202+004,00	Іб	57	Незадовільна рівність	9,1	11,8	Безпечно
48	202+004,00	203+015,50	Іб	65	Незадовільна рівність	-4,6	12	Безпечно
49	203+015,50	203+771,70	Іб	60	Незадовільна рівність	-13,3	13,3	Безпечно
50	203+771,70	203+953,20	Іб	40	Соціальна активність	30	12	Небезпечно
51	203+953,20	204+005,20	Іб	60	Незадовільна рівність	-8,3	12,5	Безпечно
52	204+005,20	205+005,00	Іб	50	Незадовільна рівність	21,1	11,8	Небезпечно
53	205+005,00	206+002,60	Іб	66	Незадовільна рівність	-4,6	12	Безпечно
54	206+002,60	206+721,30	Іб	61	Незадовільна рівність	15,8	11,6	Небезпечно

Продовження таблиці Г.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	206+721,30	207+000,80	II	74	Незадовільна рівність	-6,3	11,8	Безпечно
56	207+000,80	207+056,90	II	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпечно
57	207+056,90	207+064,60	II	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпечно
58	207+064,60	207+085,80	II	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпечно
59	207+085,80	207+106,90	II	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпечно
60	207+106,90	207+128,00	II	67	Незадовільна рівність	0	11,8	Безпечно
61	207+128,00	207+141,40	II	67	Незадовільна рівність	-16,7	14,3	Безпечно
62	207+141,40	207+166,30	II	33	Горизонтальна крива	13	13	Безпечно
63	207+166,30	207+213,30	II	43	Горизонтальна крива	15,3	12,2	Небезпечно
64	207+213,30	207+221,70	II	55	Видимість зустрічного транспорту	3,2	12,1	Безпечно
65	207+221,70	207+231,10	II	58	Видимість зустрічного транспорту	-3,7	12,3	Безпечно
66	207+231,10	207+241,30	II	54	Видимість зустрічного транспорту	3,2	12,1	Безпечно
67	207+241,30	207+251,80	II	57	Видимість зустрічного транспорту	3,2	12	Безпечно
68	207+251,80	207+262,60	II	60	Видимість зустрічного транспорту	4,3	11,9	Безпечно
69	207+262,60	207+274,10	II	64	Видимість зустрічного транспорту	3,1	11,8	Безпечно
70	207+274,10	207+286,20	II	67	Видимість зустрічного транспорту	2,1	11,7	Безпечно
71	207+286,20	207+809,00	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
72	207+809,00	208+409,90	II	40	Соціальна активність	146	11,1	Небезпечно
73	208+409,90	209+019,70	II	99	Інтенсивність руху	-17,7	11,5	Безпечно
74	209+019,70	210+013,90	II	76	Незадовільна рівність	6,5	11,4	Безпечно

Продовження таблиці Г.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	210+013,90	211+019,50	II	82	Незадовільна рівність	-8	11,6	Безпечно
76	211+019,50	211+841,60	II	73	Незадовільна рівність	-1,9	11,6	Безпечно
77	211+841,60	213+006,00	II	71	Незадовільна рівність	-1	11,7	Безпечно
78	213+006,00	214+005,90	II	70	Незадовільна рівність	-3,8	11,8	Безпечно
79	214+005,90	215+003,90	II	66	Незадовільна рівність	3,1	11,7	Безпечно
80	215+003,90	215+341,50	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
81	215+341,50	215+501,50	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно
82	215+501,50	216+019,50	II	69	Незадовільна рівність	-1,9	11,8	Безпечно
83	216+019,50	217+018,10	II	67	Незадовільна рівність	3,1	11,7	Безпечно
84	217+018,10	218+022,10	II	70	Незадовільна рівність	41	11,1	Небезпечно
85	218+022,10	218+436,30	II	99	Інтенсивність руху	-2	11,1	Безпечно
86	218+436,30	218+483,40	II	97	Поздовжній похил	-2	11,2	Безпечно
87	218+483,40	218+507,00	II	95	Поздовжній похил	-1	11,2	Безпечно
88	218+507,00	218+530,70	II	94	Поздовжній похил	2	11,2	Безпечно
89	218+530,70	218+554,30	II	96	Поздовжній похил	3,1	11,1	Безпечно
90	218+554,30	218+577,80	II	99	Поздовжній похил	-1	11,1	Безпечно
91	218+577,80	218+601,30	II	98	Поздовжній похил	1	11,1	Безпечно
92	218+601,30	218+813,50	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
93	218+813,50	218+836,80	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
94	218+836,80	218+860,10	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
95	218+860,10	218+883,10	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
96	218+883,10	219+021,50	II	99	Інтенсивність руху	-20,9	11,7	Безпечно
97	219+021,50	219+164,80	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
98	219+164,80	219+444,40	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно

Кінець таблиці Г.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
99	219+444,40	219+626,40	II	69	Незадовільна рівність	-16,8	13,3	Безпечно
100	219+626,40	219+743,30	II	40	Соціальна активність	50	11,7	Небезпечно
101	219+743,30	220+021,40	II	69	Незадовільна рівність	43	11,1	Небезпечно
102	220+021,40	220+374,40	II	99	Інтенсивність руху	-2	11,1	Безпечно
103	220+374,40	220+398,50	II	97	Поздовжній похил	-1	11,2	Безпечно
104	220+398,50	220+422,50	II	96	Поздовжній похил	1	11,1	Безпечно
105	220+422,50	220+470,50	II	97	Поздовжній похил	2	11,1	Безпечно
106	220+470,50	221+247,30	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
107	221+247,30	221+269,80	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
108	221+269,80	221+292,50	II	99	Інтенсивність руху	0	11,1	Безпечно
109	221+292,50	221+382,10	II	99	Інтенсивність руху	-23,8	13,3	Безпечно
110	221+382,10	221+833,50	II	40	Соціальна активність			

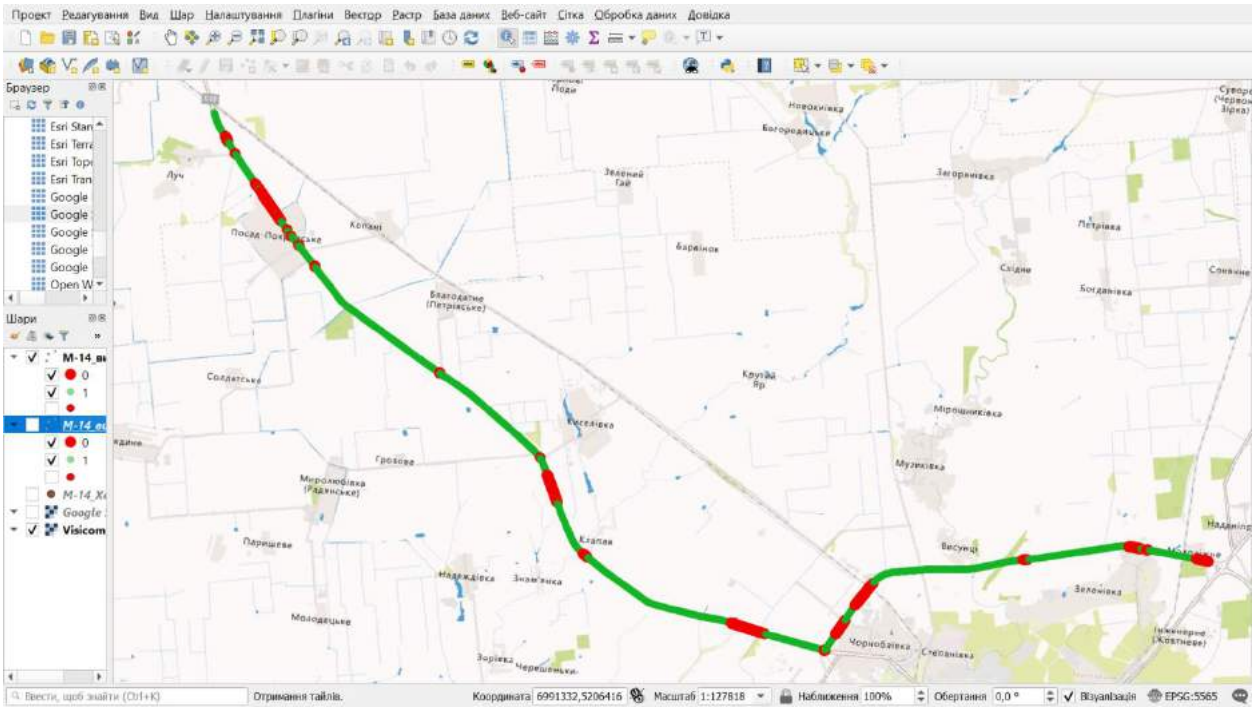


Рисунок Г.1 – Розподіл небезпечних ділянок в прямому напрямку руху позначки поперечних перерізів: ● – безпечні умови руху, ● – небезпечні умови руху

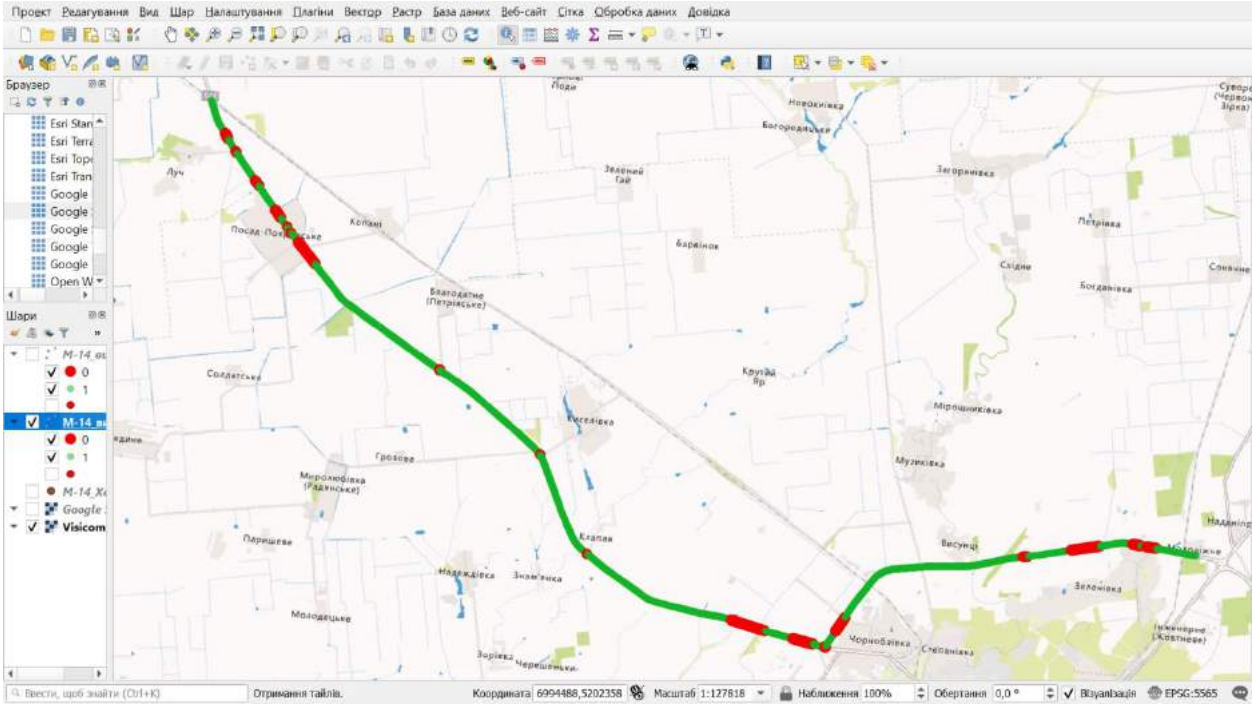


Рисунок Г.2 – Розподіл небезпечних ділянок у зворотному напрямку руху позначки поперечних перерізів: ● – безпечні умови руху, ● – небезпечні умови руху

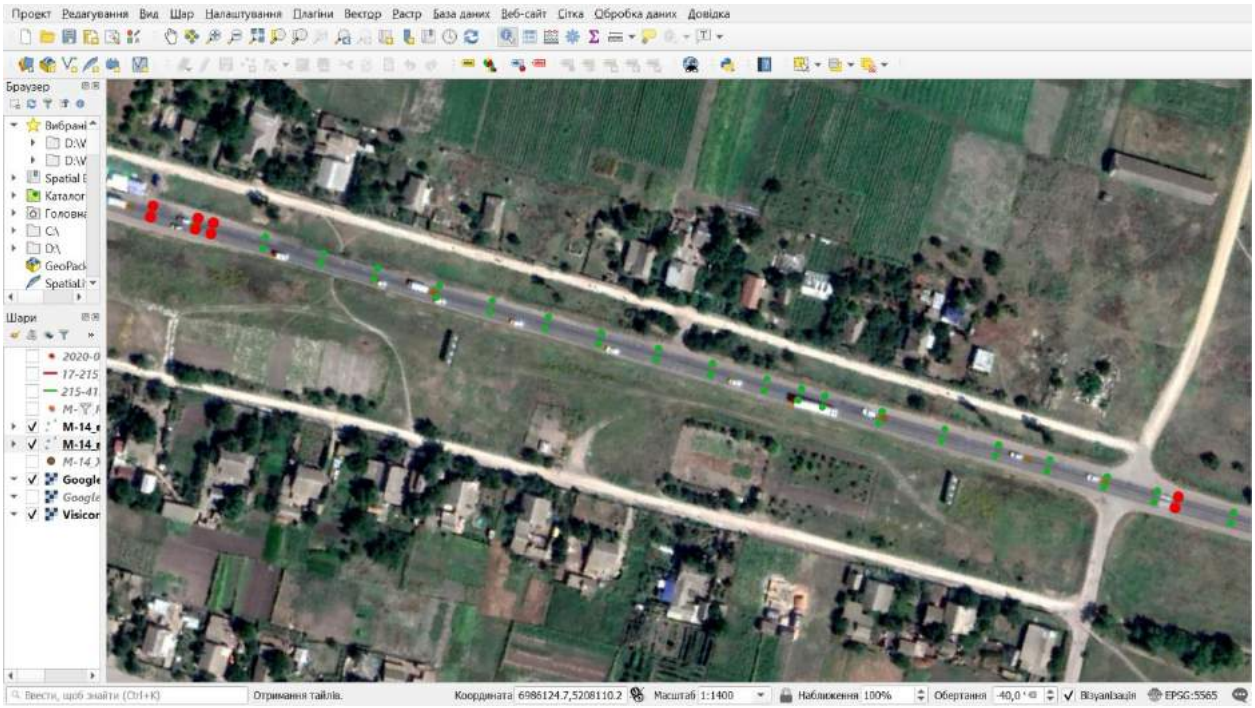


Рисунок Г.3 – Розподіл небезпечних ділянок у межах населеного пункту позначки поперечних перерізів: ● – безпечні умови руху, ● – небезпечні умови руху

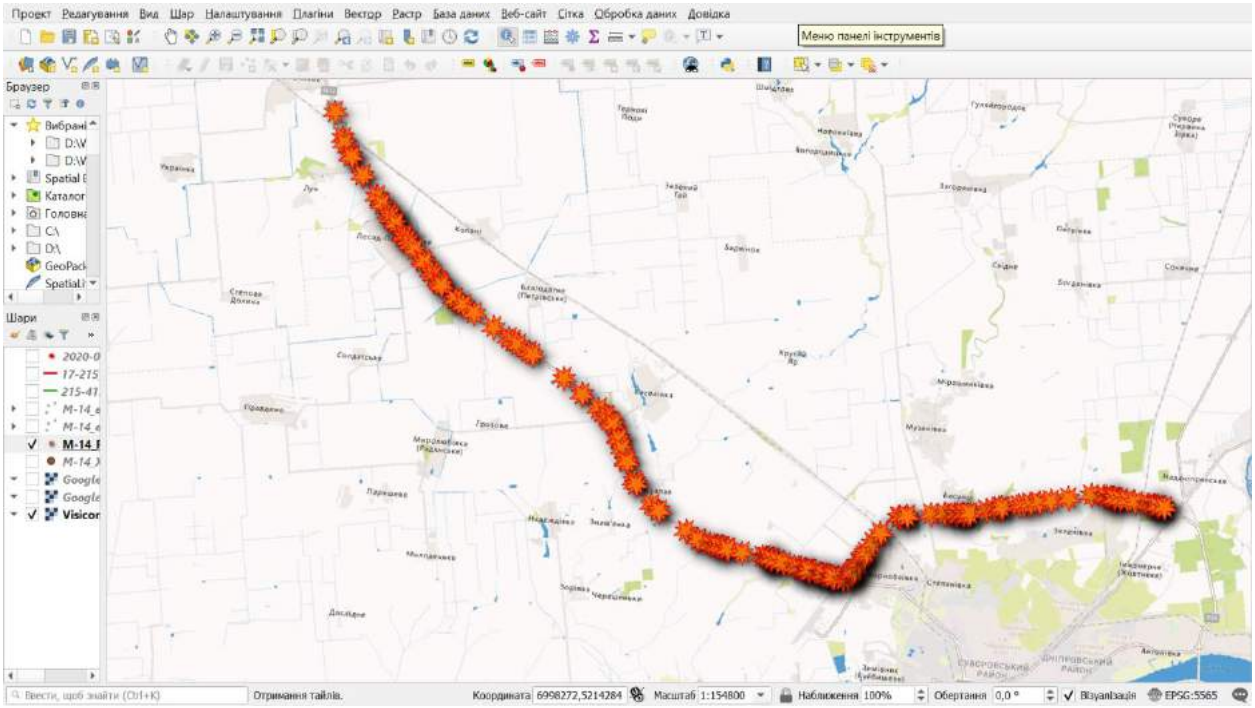


Рисунок Г.4 – Розподіл 183 ДТП, які стались в 2018 – 2019 роках на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

– ДТП

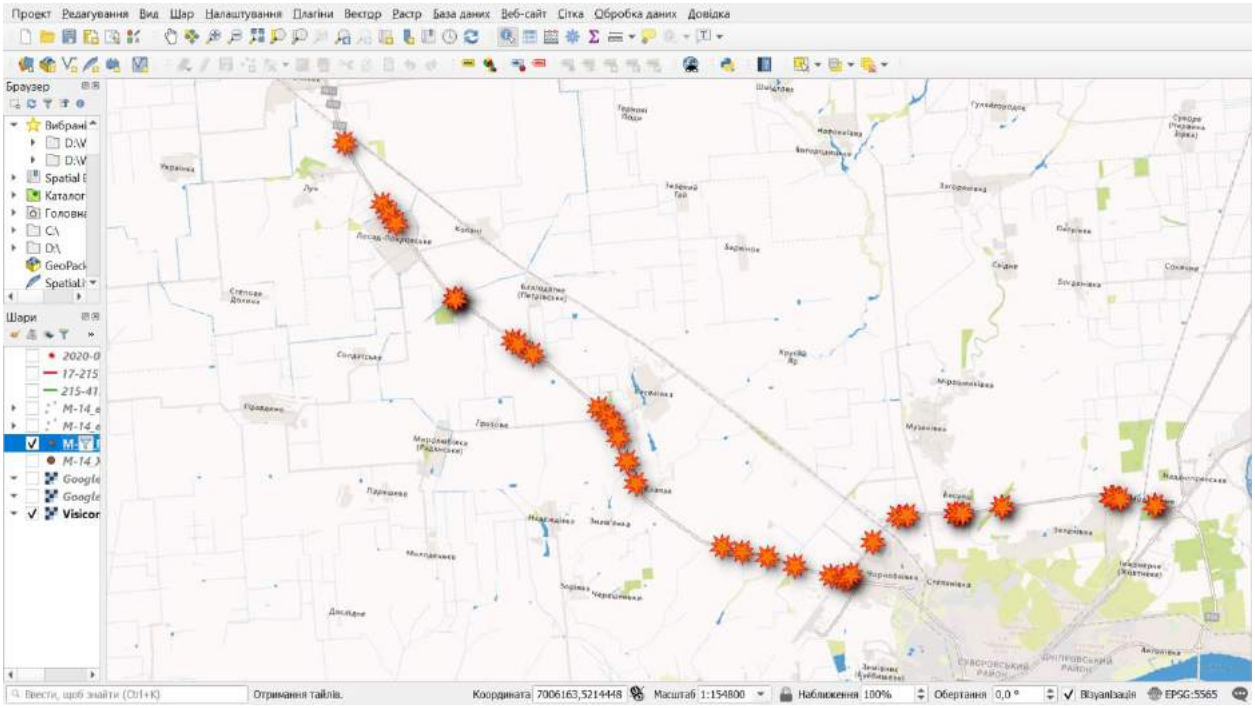


Рисунок Г.5 – Розподіл 39 ДТП з постраждалими та загиблими, які стались в 2018 – 2019 роках на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

– ДТП

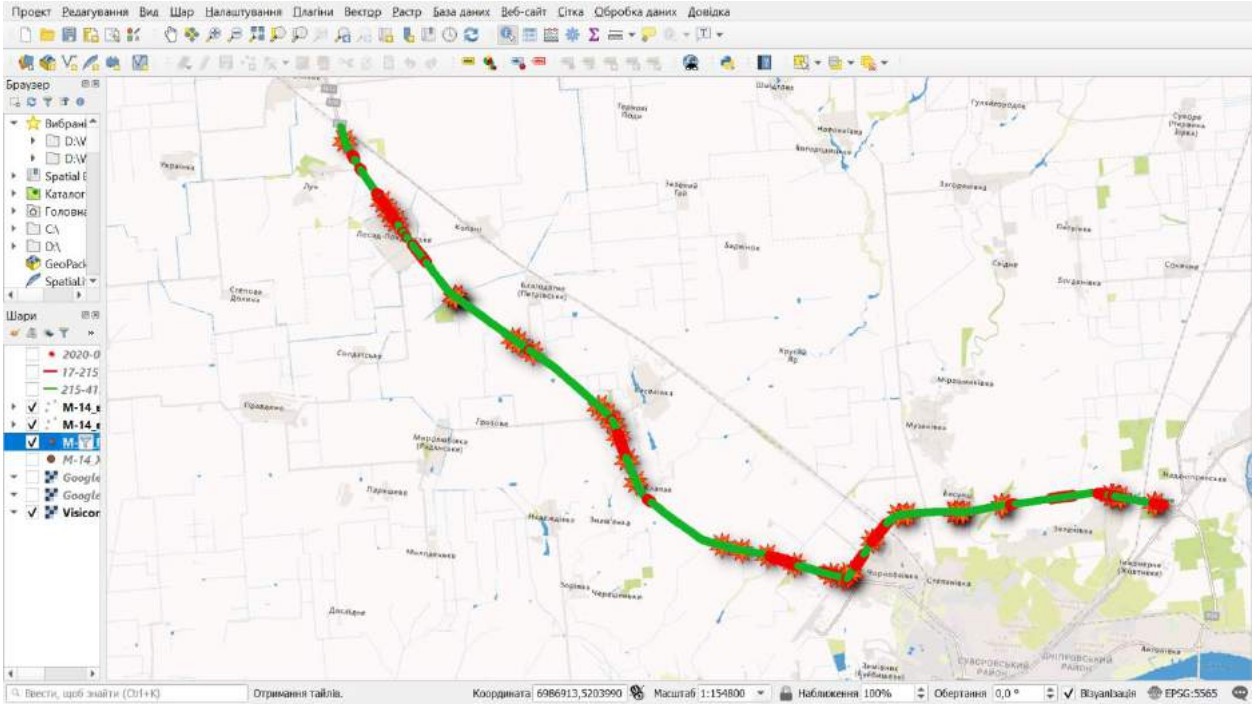


Рисунок Г.6 – Порівняння розподілу небезпечних ділянок за показником невідповідності з розподілом 39 ДТП з постраждалими та загиблими, які стались в 2018 – 2019 роках на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

● – безпечні умови руху, ● – небезпечні умови руху; ✸ – ДТП

Рисунок Г.7 – Графіки встановлених обмежень швидкості та швидкостей (безпечної, середньої гармонійної та 85% забезпечення) руху в прямому та зворотному напрямках руху на дорозі М-14 на ділянці від км 177+366 до км 221+883

ДОДАТОК Д

ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Державне агентство автомобільних доріг України
(УКРАВТОДОР)

Служба автомобільних доріг у Харківській області

61202 м. Харків, вул. Ахсарова,2

тел. (057) 336-83-28,
факс (057) 336-80-55
E-mail: doroga1@kharkov.ukrtel.net

"12" 01 2018 р. № 099/05/05

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційної роботи
Вознюка Андрія Борисовича

Служба автомобільних доріг у Харківській області використовує результати дисертаційної роботи Вознюка А.Б., викладені в Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків (МР В.2.3-37641918-891:2017) для розроблення заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на аварійно-небезпечних ділянках та місцях концентрації ДТП на мережі автомобільних доріг у загального користування державного значення Харківській області.

Заступник начальника **БОГАТИР М.І.**

УКРАВТОДОР
СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ
вул. М. Грушевського, 49, м. Одеса, 65031,
тел.(048) 753-15-56, факс (0482) 753-15-18
E-mail: sad-od@ukravtodor.gov.ua Код ЄДРПОУ 25829550

12.10.2020р. № 01-4158/12
На № _____ **від** _____

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи
Вознюка Андрія Борисовича

Результати дисертаційної роботи Вознюка А.Б., викладені в МР В.2.3-37641918-891:2017 «Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків» отримали практичне застосування в Службі автомобільних доріг в Одеській області під час аналізу дорожньо-транспортних пригод, розроблення заходів з підвищення безпеки дорожнього руху та розроблення проектів організації дорожнього руху.

Начальник Служби **Дмитро РИБАЛКА**

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
„УКРАВТОДОР"
СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ
10029 м. Житомир, вул. Покровська, 16, тел.47-05-43, факс 47-05-35 , E-mail: zvyazok1@ukr.net
код 03451526, р/р 26002878847265 в ПАТ «УкрСиббанк» МФО 351005

№ 05–20/ 1997 від 25.09. 2020 р.

ДОВІДКА

Цим засвідчуємо, що результати дисертаційної роботи Вознюка Андрія Борисовича отримали практичне застосування в Службі автомобільних доріг у Житомирській області під час виконання робіт з аналізу аварійності та розроблення проєктів/схем організації дорожнього руху на мережі автомобільних доріг загального користування державного значення.

В.о. начальника **Г.П. Гидулян**

Білобров М.М.
47-05-36

УКРАВТОДОР

СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

вул. Рівненська, 52 б, м. Луцьк, 43020,
тел./факс: (0332) 78-54-75, факс (0332) 78-54-69
E-mail: volynsad@ukravtodor.gov.ua Код ЄДРПОУ 25908960

30.12.2020 № 2752/1.20 На № _____ _____

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи
Вознюка Андрія Борисовича

Результати дисертаційної роботи Вознюка А.Б., викладені в МР В.2.3-37641918-891:2017 «Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків» отримали практичне застосування в Службі автомобільних доріг у Волинській області під час аналізу дорожньо-транспортних пригод, розроблення заходів з підвищення безпеки дорожнього руху та розроблення проєктів організації дорожнього руху.

Заступник начальника Ю.В. Ришкевич

Кравчук 78 54 72

АКТ

передачі у дослідну експлуатацію програмно-аналітичного комплексу з оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків на підставі даних з паспорту автомобільної дороги та галузевих баз даних

З метою впровадження на підприємствах і в організаціях дорожнього господарства, ДП «ДерждорНДІ» передає Службі автомобільних доріг у Донецькій області в дослідну експлуатацію програмно-аналітичний комплекс з оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків на підставі даних з паспорту автомобільної дороги та галузевих баз даних, який було розроблено на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України, за договором № 112-16 від 19.09.2016 року.

ПЕРЕДАВ	ПРИЙНЯВ
В.о. директора ДП «ДерждорНДІ»	Начальник Служби автомобільних доріг у Донецькій області
_____ А.О. Безуглий	_____ Д.В. Обухов

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Ідентифікаційний код 02070915
№ 883/01
05 06 2020 р.
01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1
тел.: 280-82-03

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційної роботи Вознюка Андрія Борисовича за темою «Удосконалення методу виявлення аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг» впроваджено у навчальний процес, а саме при викладанні дисципліни «Експлуатація автомобільних доріг» та в дипломному проектуванні для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів».

Проректор з навчальної роботи НТУ
професор О.К. Грищук

Декан факультету
транспортного будівництва НТУ,
професор О.С. Славінська

ДОДАТОК Е

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1) Vozniuk A, Kaskiv V. Use of Big Data for actualization of approaches to road accident analysis. *Technology audit and production reserves*. 2020. №3/2(53) P. 23-37. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.205354

2) Vozniuk A., Kaskiv V. Towards traffic flow modelling approaches updating. *World Science*. 2020. Vol. 9(61). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340

Статті у фахових виданнях:

3) Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П., Міненко Є.В. Недоліки в дорожніх умовах та їх вплив на виникнення дорожньо-транспортних пригод. *Дороги і мости*. 2019. Вип. 19-20. С. 163-172.

DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.170

4) Каськів В.І., Шапенко Є.М., Гуков М.І., Вознюк А.Б. Практичне застосування показника невідповідності для оцінювання безпеки руху *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2019. Вип. 106. С. 31-39.

5) Каськів В.І., Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П. До питання аудиту безпеки автомобільних доріг України. *Автошляховик України*. 2020. № 1 (261). С. 32-39. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-32-39

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6) Andrii Vozniuk, Mykola Gukov. An approach to detecting road sections with limited visIбility using three-dimensional model of road. *Proceedings of the 16th*

Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania». Transport engineering and management. 8 May 2013. Vilnius. Lithuania. P. 81-84.

7) Вознюк А.Б. Системний підхід до заспокоєння дорожнього руху. Зважування-в-русі: результати пілотного проєкту та перспективи розвитку. *Сучасні інноваційні рішення для реалізації національної програми «ВЕЛИКЕ БУДІВНИЦТВО»* : міжнародна наук.-практ. конфер. 10-11 листопада 2020. Київ. URL: https://bit.ly/3kvK0EJ

8) Каськів В.І., Вознюк А.Б. Дослідження параметрів транспортних потоків з використанням даних WIM. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2020. С. 141. http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

9) Вознюк А.Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки. *Дороги і мости*. 2014. Вип. 14. С. 111-124.

10) Вознюк А.Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах. *Дороги і мости*. 2016. Вип. 16. С. 86-99.

11) Вознюк А.Б. Использование геопространственных данных для аудита безопасности дорожного движения. *Автомобильные дороги и мосты*. РДУП «БелдорНИИ», Минск. 2019 . № 1 (23). С. 63-71.

12) Bezuglyi A.O., Kontseva V.V., Vozniuk A.B., Stasiuk B.O. The necessity for organisation of road traffic to increase safety on roads after road works. *News of science and education*. 2019. №5 (66). P. 75-94.