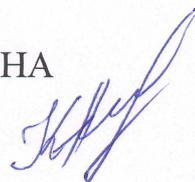


Міністерство освіти і науки України
Національний транспортний університет

КОРЧЕВСЬКА АЛІНА АНАТОЛІЇВНА



УДК 656.13:625.7/.8

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ
НА ПІДХОДАХ ДО МІСТ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ – 2025

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному транспортному університеті
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Поліщук Володимир Петрович,
Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України, м. Київ
завідувач кафедри транспортних систем
та безпеки дорожнього руху

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Кисельов Володимир Борисович
Директор навчально-наукового інституту
муніципального управління та міського
господарства Таврійського національного
університету ім. В.І.Вернадського

кандидат технічних наук, доцент
Бурко Дмитро Леонідович
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
доцент кафедри транспортних систем та
логістики

Захист відбудеться « 05 » вересня 2025 р. о 11.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 17.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. Михайла Бойчука, 42.

Автореферат розісланий « 01 » серпня 2025 р.

В.о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради,
доктор економічних наук, професор



О.М. Ложачевська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зростання кількості транспортних засобів та інтенсивності руху створює низку проблем, які пов'язані із необхідністю забезпечення безпеки дорожнього руху на ділянках підходу автомобільних доріг до міст.

Одним з найперспективніших шляхів розв'язання задач, пов'язаних з ефективною роботою автомобільного транспорту та підвищенням безпеки дорожнього руху, є застосування сучасних методів та засобів організації дорожнього руху, насамперед, автоматизованих систем управління дорожнім рухом (далі – АСУДР) або інтелектуальних транспортних систем (далі – ITS). Найважливіше значення при розробці таких систем має моніторинг дорожнього руху в режимі реального часу.

Інтелектуальна транспортна система – це системна інтеграція сучасних інформаційних, комунікаційних технологій і засобів автоматизації з транспортною інфраструктурою, транспортними засобами та користувачами, яка орієнтована на підвищення безпеки й ефективності транспортного процесу, комфортності для водіїв та користувачів транспорту.

На ділянках підходу до значних та найзначніших міст зменшується швидкість руху, оскільки потік входить у місто, де діє обмеження швидкості руху 50 км/год. Оскільки щільність транспортного потоку на підходах до міста змінюється, тобто утворюються щільні транспортні потоки, то, як наслідок, збільшується ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП). Тому виникає необхідність в удосконаленні методів управління транспортними потоками на ділянках підходу до міста.

Дослідженням транспортних потоків на підходах до значних та найзначніших міст, вивченням закономірностей їх формування та аналізом особливостей функціонування таких ділянок займалося досить багато вітчизняних та закордонних вчених.

Традиційні підходи вже не забезпечують належного рівня ефективності, що призводить до заторів, зростання аварійності, екологічних і економічних втрат. У зв'язку з цим, впровадження сучасних автоматизованих систем управління дорожнім рухом потребує наукового обґрунтування нових методів та алгоритмів регулювання руху.

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

Теоретичні та практичні дослідження проведено в межах науково-дослідної тематики кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху Національного транспортного університету, відповідно до виконання наукових тем:

– «Розробка концепції логістичного управління процесами перевезень і безпекою дорожнього руху в транспортних системах України» (2015 р., № РК 0115U001582);

– «Транспортно-логістичне управління вантажними і пасажирськими перевезеннями автомобільним транспортом», (2020-2022 рр., № РК 0120U104757);

– Міжнародного проєкту Master in SMArt transport and LOGistics for cities (SMALOG) action «Capacity Building in higher education» в рамках програми ЄС Еразмус+/КА2, що підтримує проєкти, партнерства, заходи і мобільність у сфері освіти, підготовки, молоді і спорту. Номер проєкту 585832-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP. Сайт проєкту: <http://smalog-2017.uniroma2.it>. Термін реалізації проєкту 10/2017-10/2021;

– «Стратегія розвитку транспортно-логістичних систем в умовах післявоєнного відновлення міст України» (2023-2025 рр., № РК 0123U101105).

Мета та завдання досліджень.

Мета роботи полягає в удосконаленні методу управління дорожнім рухом на підходах до міст в умовах функціонування автоматизованих систем управління дорожнім рухом на основі розробленої моделі управління дорожнім рухом.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати існуючі методи управління дорожнім рухом на підходах до міст в умовах функціонування автоматизованих систем.
2. Розробити математичну модель адаптивного управління рухом транспортних потоків на підходах до міст з урахуванням реального часу.
3. Удосконалити метод оперативного управління на основі моделювання руху транспортних потоків з урахуванням реального часу.
4. Розробити методику управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, на основі математичної моделі та удосконаленого методу оперативного управління, що дозволить зменшити транспортні затримки, підвищити середню швидкість руху транспортного потоку та підвищити ефективність використання дорожньої інфраструктури.

Об'єкт досліджень – процес руху транспортних потоків на ділянках підходу автомобільних доріг до міст в умовах функціонування автоматизованих систем управління дорожнім рухом.

Предмет досліджень – методи управління дорожнім рухом в умовах функціонування автоматизованих систем управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст.

Методи дослідження: для вирішення поставлених у роботі задач використано натурні спостереження, теорія транспортних потоків, теорія транспортних процесів і систем, метод математичної статистики, метод регресійного аналізу, імітаційного моделювання. Дослідження виконувались із використанням сучасного програмного забезпечення PTV VISSIM.

Наукова новизна отриманих результатів.

Основний науковий результат дисертації полягає в підвищенні безпеки дорожнього руху на ділянках підходів автомобільних доріг до міст, на основі застосування сучасних методів та засобів організації дорожнього руху, насамперед, АСУДР або ITS. Найважливіше значення при розробленні таких систем має моніторинг дорожнього руху в режимі реального часу:

– вперше розроблено модель управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, що дозволяє зменшити транспортні

затримки, підвищити середню швидкість руху транспортного потоку та підвищити ефективність використання дорожньої інфраструктури;

– удосконалено метод управління дорожнім рухом з урахуванням реального часу, що дозволяє покращити параметри регулювання залежно від транспортної ситуації на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, що дозволяє підвищити ефективність функціонування системи «Дорожні умови – транспортні потоки»;

– отримав подальший розвиток метод визначення пропускну здатності ділянок доріг на підходах до міста у різних «критичних ситуаціях», з інтеграцією даних з різних джерел для оперативного реагування АСУДР в умовах реального часу.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблена методика управління дорожнім рухом на основі математичної моделі та удосконаленого методу оперативного управління, при виникненні критичних ситуацій, дозволить зменшити утворення заторів, підвищити безпеку дорожнього руху та скоротити витрати часу на пересування на ділянках підходу автомобільних доріг до міст.

Практичні рекомендації дисертаційного дослідження отримали застосування в ТОВ «Гранбуд Лідер» та у Службі відновлення та розвитку інфраструктури у Київській області при розробленні тимчасових схем організації дорожнього руху, де було використано метод встановлення знаків змінної інформації під час проведення дорожніх робіт на автомобільних дорогах загального користування державного значення Кіровоградської та Київської областей.

Результати дисертаційного дослідження були використані під час виконання науково-дослідної роботи за темою: «Виконати аналіз та переглянути ДСТУ 4100:2014 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» для удосконалення нормативної бази дорожнього господарства щодо безпеки дорожнього руху (Договір від 26.09.2019 № БДР-175/09-19).

Матеріали досліджень були впроваджені у навчальний процес в Національному транспортному університеті, а саме при викладанні дисциплін: «Управління дорожнім рухом» для студентів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» освітньо-професійної програми «Розумний транспорт та логістика для міст»; «Дорожні умови та безпека руху (Спецкурс)» для студентів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» освітньо-професійної програми «Інтелектуальні системи управління дорожнім рухом».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним завершеним науковим дослідженням, що містить авторський підхід та особисто одержані теоретичні й практичні результати щодо управління транспортними потоками на ділянках підходу автомобільних доріг до значних та найзначніших міст.

У спільних публікаціях здобувачем: [2, 5, 13, 19, 20, 21] – визначено середні і рекомендовані швидкості руху на підходах до значних та найзначніших міст в залежності від умов руху, розроблено та запропоновано методи оптимізації планування, виконання дорожніх робіт на дорожній мережі з метою створення безпечних та безперешкодних умов руху. Розроблено математичні моделі руху транспортних потоків для забезпечення безпеки дорожнього руху і мінімізації витрат часу для виконання маневрів. [1, 8, 15, 16] – запропоновано використання автоматизованих систем управління дорожнім рухом на підходах до міст. [2, 9] – описано конфлікти, що виникають у дорожньому русі, дорожньо-транспортні ситуації та дорожньо-транспортні пригоди, розроблено підходи до визначення конфліктних точок та розроблено першочергові заходи щодо їх ліквідації. [3, 7, 10, 11, 12, 17] – за допомогою моделювання проаналізовано різні варіанти розроблення заходів управління дорожнім рухом та запропоновані заходи для зменшення імовірності утворення дорожньо-транспортних пригод та заторів на ділянках підходу автомобільних доріг до міста. [6, 18] – проаналізовано характеристики транспортного потоку та їх вплив на безпеку руху з урахуванням технічних засобів управління дорожнього руху. [4, 14] – описано процес моделювання транспортного потоку на регульованому перехресті в програмному середовищі PTV Vissim.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювалися на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема на:

proceedings of the 2nd International Conference «Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort»;

proceedings of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference;

міжнародній науково науково-практичній конференції «Інноваційні підходи у відновленні транспортної інфраструктури в особливих умовах воєнного стану: виклики та перспективи»;

79-тій науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету;

міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні транспортні системи: екологія, безпека, якість, комфорт»;

LXXVI, LXXVII наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.

Публікації. За темою дисертаційної роботи автором опубліковано 22 наукових праць, із них: 8 статей у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, 3 статті – у науковому закордонному виданні, 3 статті – додатково відображає результати дослідження, 7 праць апробаційного характеру. Отримано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

Структура й обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 167 найменувань та трьох додатків. Обсяг основного тексту дисертації становить 190 сторінок. Текст дисертації містить 12 таблиць і 54 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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. Проаналізовано методи управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст. Виявлено що найбільш ефективними в європейському контексті є інтегровані інтелектуальні транспортні системи, які базуються на багаторівневому зборі даних, прогнозуванні заторів, автоматичному регулюванні руху та оперативному інформуванні учасників дорожнього руху. Проведено аналіз попередніх праць, що присвячені вивченню питань забезпечення безпеки дорожнього руху, зниження рівня аварійності, зменшенню заторів та існуючих методів управління дорожнім рухом з урахуванням ITS та автоматизованих систем управління дорожнім рухом. Формуванню передумов для здійснення даного дослідження сприяли наукові праці А.М. Краснікова, В.П. Поліщука, В.І. Єресова, О.Т. Ланового, С.В. Янішевського, О.П. Дзюби, О.В. Красильнікова, Д. Дрю та Ф. Хейта.

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. У результаті аналізу було виявлено, що найбільш ефективними в європейському контексті є інтегровані ITS, які базуються на багаторівневому зборі даних.

Отримані результати аналізу існуючих методів управління дорожнім рухом на підходах до міст визначили подальші напрямки теоретичних і експериментальних досліджень з встановленням факторів, які впливають на безпеку дорожнього руху, призводять до заторів, зростання аварійності, екологічних і економічних втрат.

Другий розділ присвячений теоретичним розрахункам, розробленню математичної моделі й удосконаленню методу оперативного управління на основі моделювання руху транспортних потоків з урахуванням реального часу.

З метою формування вихідних даних було визначено ділянку підходу до міст з урахуванням скупчення дорожньо-транспортних пригод. Встановлено, що на підходах до міст аварійність має чітку тенденцію до зростання.

Згідно з проведеним аналізом, для міста Києва, понад 50% усіх зафіксованих ДТП сконцентровано в межах 30-кілометрової зони віддаленості від межі міста, що свідчить про наявність підвищеного ризику аварійності на ділянці підходу до міста. Для проведення дослідження було обґрунтовано довжину ділянки автомобільної дороги М-05 Київ – Одеса та М-06 Київ – Чоп (рис.1, рис. 2).

Для оцінки обґрунтованості протяжності ділянки підходу до міста було застосовано коефіцієнт детермінації (R^2) як показник точності побудованої статистичної моделі та достовірності апроксимації.

З урахуванням коефіцієнта детермінації було отримано залежності, які мають наступний вигляд:

3-х смугова проїзна частина:

$$y = -0,0163x^3 + 0,5773x^2 - 6,372x + 24,164, \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9412,$$

де R^2 – коефіцієнт детермінації.

На рисунку 1 наведено залежність середньої кількості ДТП на ділянках підходу до міста Києва на автомобільній дорозі М-05 Київ – Одеса.

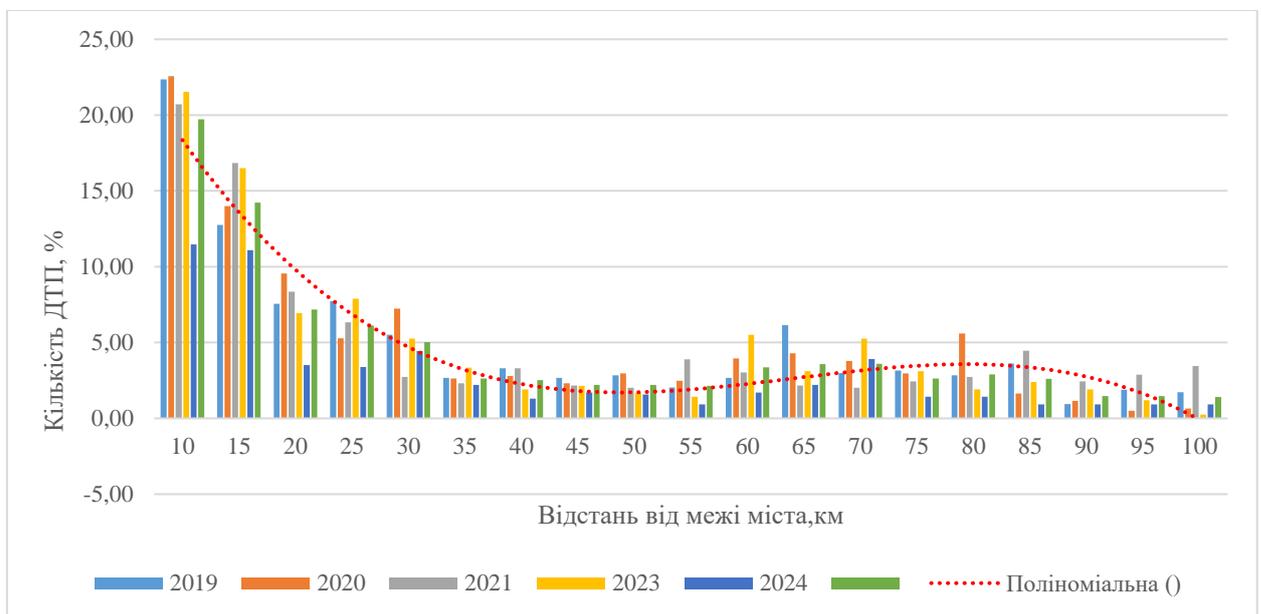


Рисунок 1 – Залежність середньої кількості ДТП на ділянках підходу до міста Києва на автомобільній дорозі М-05 Київ – Одеса

2-х смугова проїзна частина:

$$y = 0,0021x^4 - 0,1014x^3 + 1,7804x^2 - 13,172x + 36,988, \quad (2)$$

$$R^2 = 0,9419.$$

На рисунку 2 наведено залежність середньої кількості ДТП на ділянках підходу до міста Києва на автомобільній дорозі М-06 Київ – Чоп.

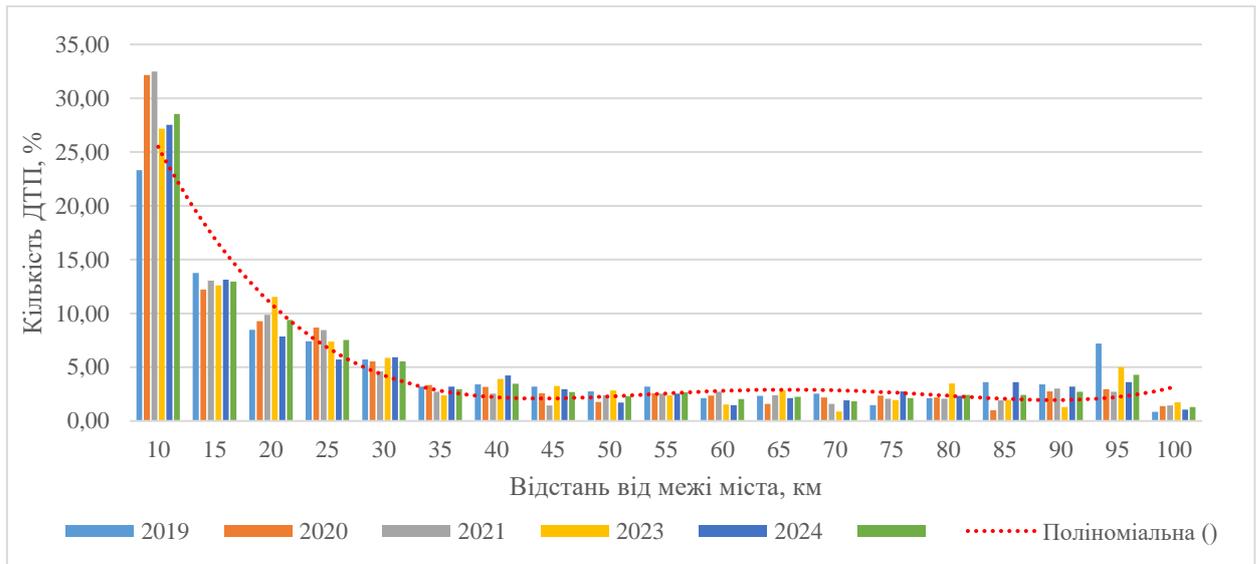


Рисунок 2 – Залежність середньої кількості ДТП на ділянках підходу до міста Києва на автомобільній дорозі М-06 Київ – Чоп

Для визначення транспортно-експлуатаційних показників на ділянках підходу автомобільних доріг до міст використовували:

- середню інтенсивність руху за місяцями;
- середню інтенсивність та склад транспортного потоку за годинами;
- середню швидкість руху за проміжок часу.

Розроблено математичну модель адаптивного управління рухом транспортних потоків на підходах до міст з урахуванням реального часу. Встановлено, що на підходах до міст можуть виникати різні критичні ситуації, які фіксуються або за допомогою технічних засобів збору та передачі інформації про дорожній рух, або за допомогою спеціальних повідомлень до центру керування. У кожному конкретному випадку виникнення «критичних ситуацій» приймається рішення, яке реалізується шляхом подання команд засобами відображення керуючих впливів на інформаційні табло змінної інформації.

Наприклад, у разі виникнення ДТП, а також у період його розслідування на дорозі, відповідні смуги проїзної частини не можуть бути використані для руху. Тому необхідно привести швидкість транспортного потоку у

відповідність до умов руху таким чином, щоб рух продовжувався і не утворився затор.

Необхідну величину швидкості руху в місці ДТП будемо визначати як:

1. Для трьосмугової проїзної частини в одному напрямку (рис. 3):

– при 2-х смугах, що залишилися для руху:

$$V_p = 0,69522 \cdot V_0 \left\{ 1 + \cos \left[1,1170 + \frac{1}{3} \arccos \left(1 - \frac{27 \cdot N}{1,9 \cdot 200 \cdot V_0} \right) \right] \right\}, \quad (3)$$

– при 1-й смузі, що залишилася для руху:

$$V_p = 0,66667 \cdot V_0 \left\{ 1 + \cos \left[1,0472 + \frac{1}{3} \arccos \left(1 - \frac{27 \cdot N}{2 \cdot 200 \cdot V_0} \right) \right] \right\}, \quad (4)$$

де V_p – рекомендована швидкість руху, км/год;

V_0 – середня вільна швидкість руху одиночних автомобілів, км/год;

N – інтенсивність руху в одному напрямку, авт/год.

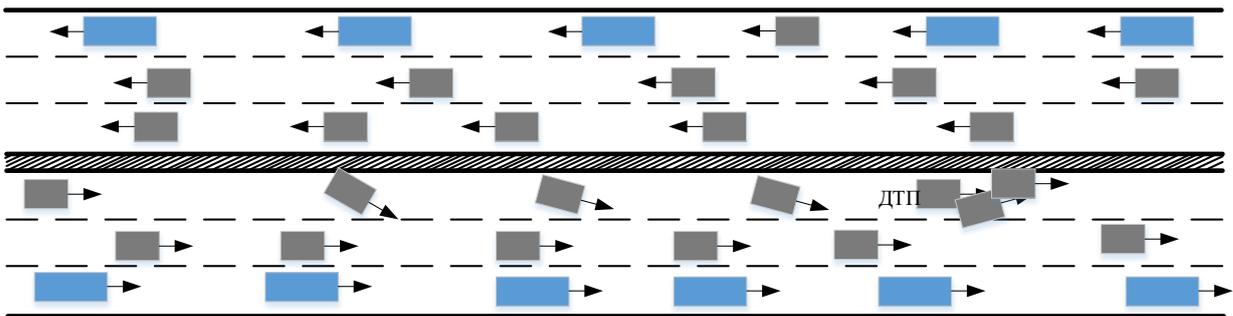


Рисунок 3 – Виникнення критичної ситуації ДТП на трьосмуговій проїзній частині

2. Для двосмугової проїзної частині в одному напрямку, при 1 смузі що залишилася для руху в одному напрямку (рис. 4):

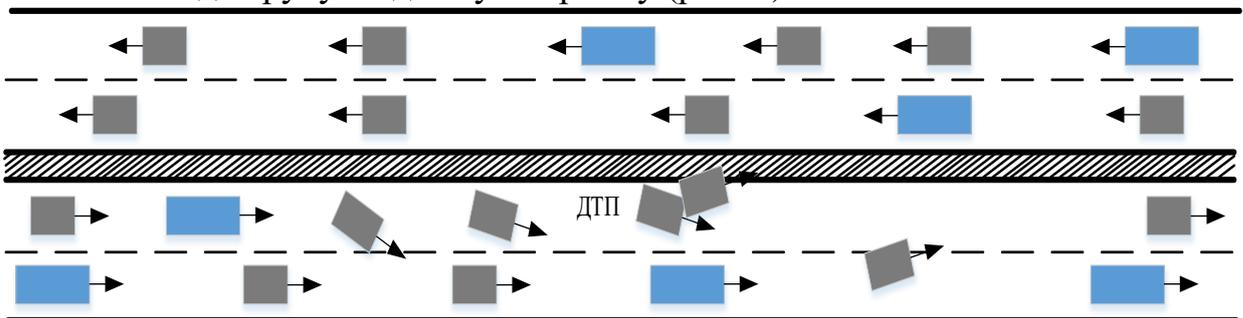


Рисунок 4 – Виникнення критичної ситуації ДТП на двосмуговій проїзній частині

Визначено підходи щодо швидкості руху транспортних потоків на ділянках підходу до міст в умовах функціонування автоматизованих систем. Одним із основних критеріїв є пропускна здатність. Величину пропускної

здатності за ідеальних умов з урахуванням даних спостережень приймають у наступних величинах (для легкових автомобілів):

- на двосмугових дорогах 2 200 авт/год (в обидва напрямки);
- на трьосмугових дорогах 4 000 авт/год (в обидва напрямки).

У кожному конкретному випадку величина пропускної здатності буде залежати від того, які чинники беруть участь у процесі її формування. Поєднання цих чинників має випадковий характер.

Вихідним параметром є розподіл тимчасових інтервалів між автомобілями в транспортному потоці. Наявність даних про інтенсивність руху дозволяє постійно оцінювати величину межі пропускної здатності. У цьому інтерес становить величина, яку умовно можна назвати показником темпу зміни величини резерву:

$$r = \frac{1}{T} (A - N), \quad (5)$$

де A – величина пропускної здатності, авт/год;

N – поточне значення інтенсивності руху, авт/год;

T – час, протягом якого відбувається зміна величини інтенсивності руху, год.

З урахуванням інтенсивності та пропускної здатності величина резерву дає розуміння про кількість автомобілів, які, за відповідної швидкості, ще може пропустити ділянка дороги без утворення затору.

Розроблена математична модель адаптивного управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст дозволяє динамічно оцінювати пропускну здатність та раціональну швидкість руху, виходячи з реального складу транспортного потоку та конфігурації ділянки автомобільної дороги. Це створює передумови для впровадження інтелектуальних транспортних систем на ділянках підходів до міст та регулювання транспортних потоків на них, зокрема в рамках систем адаптивного управління дорожнім рухом.

На основі розробленої математичної моделі удосконалено метод оперативного управління, що враховує результати моделювання транспортних потоків в умовах реального часу.

Одним з найперспективніших шляхів розв'язання задач, пов'язаних з оптимізацією роботи автомобільного транспорту та підвищенням безпеки дорожнього руху, є застосування сучасних методів та засобів організації дорожнього руху, зокрема АСУДР або ITS. Найважливіше значення під час розроблення таких систем має моніторинг дорожнього руху в режимі реального часу.

Для ефективного управління дорожнім рухом на ділянках підходу до міст доцільно комбінувати декілька методів – зокрема, інтелектуальні системи, фізичні обмеження, регулювання швидкості та світлофорне управління.

Запропонований підхід може бути масштабовано на інші міста шляхом аналогічного аналізу, що забезпечує єдиний підхід до визначення ділянок підвищеної аварійності на підходах до міст.

У **третьому розділі** за допомогою програмного забезпечення PTV Vissim проведено моделювання щодо визначення впливу дорожніх умов на характеристики руху транспортних потоків на ділянці підходу автомобільної дороги М-05 Київ – Одеса та М-06 Київ – Чоп до міста Києва та перевірена адекватність розробленої математичної моделі.

Після відтворення моделі і призначення параметрів транспортного потоку в програмному середовищі PTV Vissim було отримано ряд даних для аналізування виконаної роботи. Тобто було отримати дані для аналізування результатів моделювання на основі чого було сформовано обґрунтовані висновки. Під час проведення модельного експерименту на ділянці підходу автомобільної дороги М-06 Київ – Чоп до міста Києва було розроблено чотири варіанти імітаційної моделі руху транспортних потоків, які дозволили визначити транспортно-експлуатаційні показники. Результати імітаційного моделювання зведено у таблицю 1 та показано на рисунку 5.

Таблиця 1 – Результати імітаційного моделювання руху транспортних потоків

	I варіант	II варіант	III варіант	IV варіант
	Існуючі умови руху	Виникнення перешкоди для руху в існуючих умовах	Виникнення перешкоди для руху та накладання управлінських рішень	Впровадження запропонованих заходів
Середня швидкість на ділянці, (км/год)	63,67	63,1	67,31	68,83
Середній час затримки, (с)	40,84	45,54	45,09	37,57
Середня кількість зупинок, стоянок, (од)	9	13	13	9
Сумарний час затримки, (с)	184 578	257 940	220 110	123 265

Першим варіантом проведеного імітаційного моделювання був рух транспортних потоків на ділянці підходу до міста Києва в існуючих умовах.

Другим варіантом було проведено імітаційне моделювання з урахуванням існуючих дорожніх умов та утворенням критичних ситуацій, зокрема: виникнення ДТП; проведення дорожніх робіт або пропуск колон. У даному варіанті розглядалось перекриття однієї смуги руху.

Третім варіантом було проведено імітаційне моделювання згідно варіанта II, але з накладанням управлінських рішень.

Четвертий варіант моделювання передбачав на досліджуваній ділянці підходу автомобільної дороги до міста Києва реалізацію управлінських рішень, спрямованих на управління швидкістю руху при виникненні критичних ситуацій.

Встановлено, що середня величина швидкості становить 63,67 км/год, а середній час затримки – 40,48 с. Однак при виникненні перешкоди середній час затримки значно збільшується до 45,57 с, а середня швидкість зменшується до 63,1 км/год.

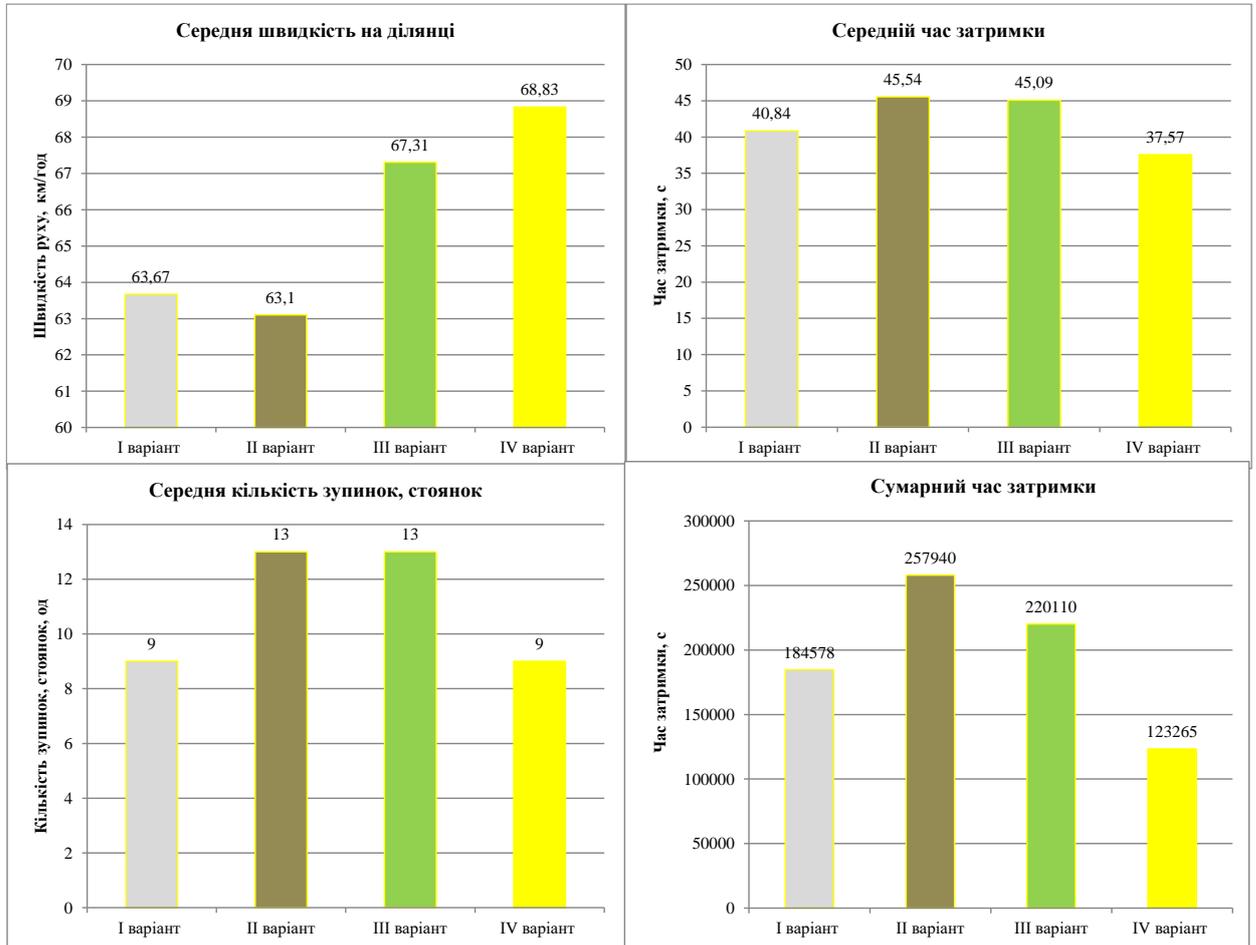


Рисунок 5 – Результати імітаційного моделювання руху транспортних потоків

Тому необхідно за допомогою інтелектуальних транспортних систем надавати інформацію водіям щодо швидкості руху на відповідній ділянці. Після надання рекомендацій щодо встановлення швидкісного режиму було визначено, що середній час затримки становить 37,57 с, який зменшився і складає 19 %, середня швидкість руху транспортного потоку становить 68,83 км/год, яка збільшилась на 5 км/год, що свідчить про ефективність запропонованих заходів у покращенні умов руху на ділянці автомобільної дороги М-06.

Імітаційне моделювання підтверджує адекватність розробленої математичної моделі, оскільки рекомендовані швидкості руху в обох випадках знаходяться у межах 63 – 65 км/год за інтенсивності руху 1 800 – 1 900 авт./год.

У четвертому розділі розроблено методику управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, на основі математичної моделі та удосконаленого методу оперативного управління, що дозволить зменшити транспортні затримки, підвищити середню швидкість руху

транспортного потоку та підвищити ефективність використання дорожньої інфраструктури.

В основу методики покладено метод оперативного управління транспортними потоками з урахуванням виникнення різних критичних ситуацій. У кожному конкретному випадку виникнення критичних ситуацій приймається рішення, яке реалізується шляхом подання команд засобами відображення керуючих впливів на інформаційні табло змінної інформації.

Для управління рухом, у разі виникнення такої критичної ситуації як ДТП, необхідно: захистити місце події; водіїв, які під'їжджають до місця ДТП – інформувати про нього; привести швидкість транспортного потоку у відповідність до умов руху, з урахуванням кількості смуг можливих для руху та визначившись у величині його інтенсивності.

Визначивши швидкість, з урахуванням інтенсивності та пропускної здатності визначають резерв – величину, яку умовно можна назвати різницею між інтенсивністю та пропускною здатністю. Резерв визначають за формулою (5).

Загальні підходи до розрахунку за методикою управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, можна виразити у вигляді блок-схеми (рис. 6).



Рисунок 6 – Блок-схема прийняття рішень

Розрахунок для трьосмугової проїзної частини в одному напрямку при 2-х смугах, що залишилися для руху і дозволений швидкості руху автомобілів на ділянці $V_0 = 110$ км/год виконували згідно формули (3). Результат розрахунку наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Призначення швидкості руху для трьосмугової проїзної частини в одному напрямку при 2-х смугах, що залишилися для руху

Інтенсивність N , авт./год	Швидкість V_p , км/год	Інтенсивність N , авт./год	Швидкість V_p , км/год
100	101	2 100	62
300	95	2 200	60
500	90	2 300	58
700	86	2 400	57
900	82	2 500	55
1 100	79	2 600	53
1 300	75	2 700	50
1 500	72	2 800	48
1 700	69	2 900	45
1 900	65	3 000	41

Якщо $N = 100$ авт/год, то $V_p = 101$ км/год.

Якщо $N = 300$ авт/год, то $V_p = 95$ км/год.

Розрахунок виконано до $N = 3 000$ авт/год.

Залежність «інтенсивність – швидкість» показано на рисунку 7.

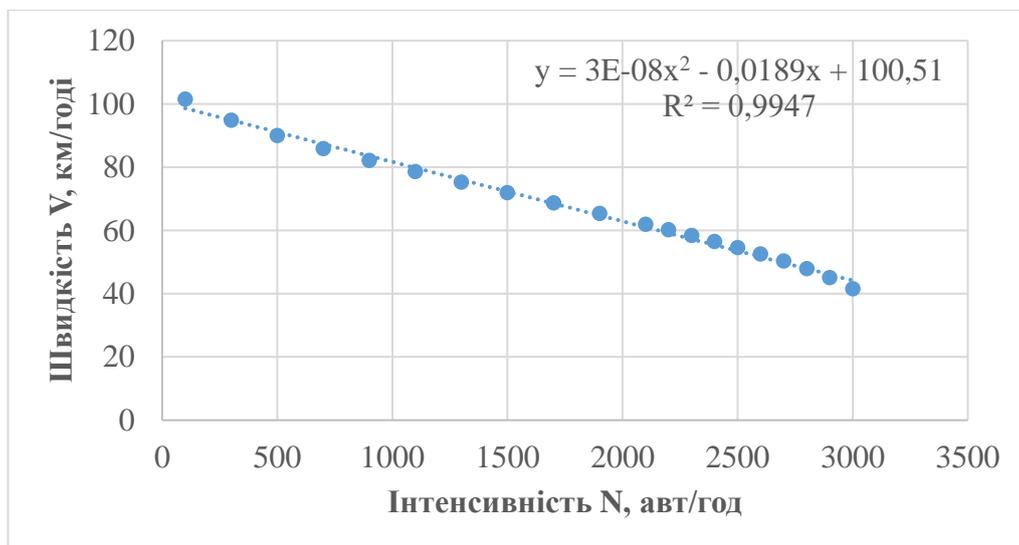


Рисунок 7 – Залежність «інтенсивність – швидкість» для трьосмугової проїзної частини

Розрахунок для двосмугової проїзної частини в одному напрямку при 1-й смузі, що залишилися для руху і дозволений швидкості руху автомобілів

на ділянці $V_0 = 110$ км/год, виконували за формулою (4). Результати розрахунку зведено у таблицю 3.

Таблиця 3 – Призначення швидкості руху для двосмугової проїзної частини в одному напрямку при 1-й смузі, що залишилися для руху

Інтенсивність N , авт/год	Швидкість V_p , км/год	Інтенсивність N , авт/год	Швидкість V_p , км/год
100	102	2 200	65
300	96	2 300	63
500	92	2 400	61
700	88	2 500	60
900	85	2 600	58
1 100	81	2 700	56
1 300	78	2 800	54
1 500	75	2 900	52
1 700	75	3 000	49
1 900	69	3 100	46
2 100	66	3 200	43

Якщо $N = 100$ авт/год, то $V_p = 102$ км/год.

Якщо $N = 300$ авт/год, то $V_p = 96$ км/год.

Якщо $N = 500$ авт/год, то $V_p = 92$ км/год.

Розрахунок виконано до $N = 3\,200$ авт/год.

Залежність «інтенсивність – швидкість» показано на рисунку 8.

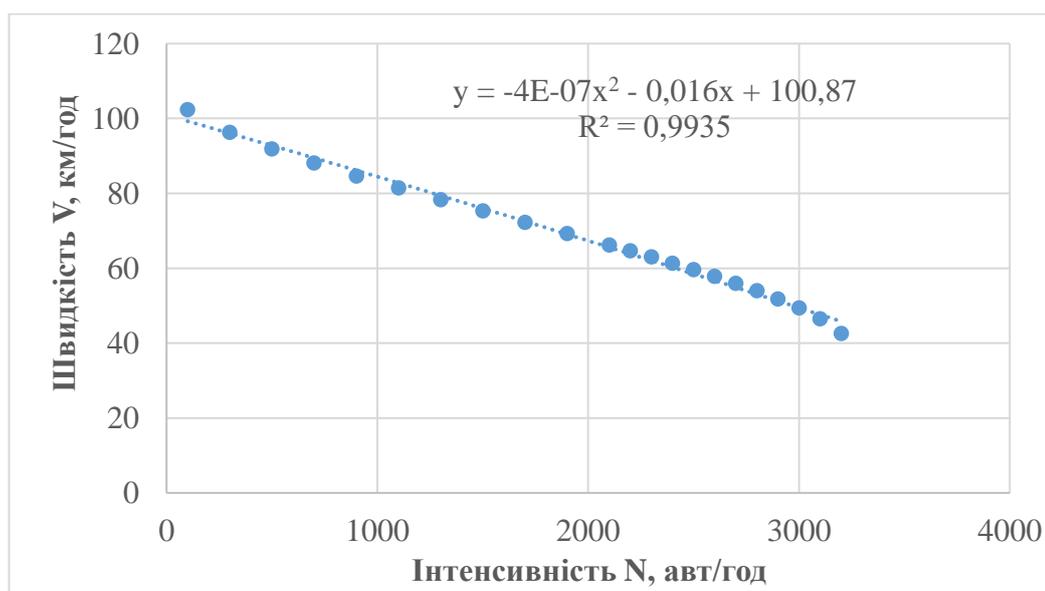


Рисунок 8 – Залежність «інтенсивність – швидкість» для двосмугової проїзної частини

Наступним кроком було визначення резерву, згідно (5). З урахуванням інтенсивності, швидкості та пропускної здатності було проведено низку обчислень для відповідного обґрунтування значення резерву.

Для трьосмугової проїзної частини в одному напрямку при 2-х смугах, що залишилися для руху і дозволених швидкості руху автомобілів на ділянці $V_0 = 110$ км/год, $N = 100$ авт/год, $A = 2\ 200$ авт/год, $V_p = 101$ км/год, то $r = 2\ 100$ авт/год.

Якщо $N = 300$ авт/год, $V_p = 95$ км/год, то $r = 1\ 900$ авт/год.

Якщо $N = 1\ 900$ авт/год, $V_p = 65$ км/год, то $r = 300$ авт/год.

Розрахунок виконували до $N = 3000$ авт/год, $V_p = 41$ км/год, то $r = - 800$ авт/год, тобто при такій інтенсивності резерв відсутній. Аналогічні розрахунки потрібно виконувати для двосмугової проїзної частини.

Запровадження заходів з управління транспортними потоками, зокрема рекомендацій щодо швидкісного режиму на ділянках підходу до міст, дало позитивний ефект.

Відповідно до проведених розрахунків визначено рекомендовані швидкості руху для кожного окремого випадку.

Розроблена методика на основі удосконаленого методу управління дорожнім рухом на підходах до міст в умовах функціонування автоматизованих систем покращує безпеку дорожнього руху, зменшує транспортні затримки, підвищує середню швидкість руху транспортного потоку та ефективність використання дорожньої інфраструктури.

Результати дослідження отримали практичне застосування під час виконання дорожніх робіт на ділянках автомобільних доріг загального користування Київської та Кіровоградської областей та були використані під час виконання науково-дослідної роботи у Державному підприємстві «Національний інститут розвитку інфраструктури».

Матеріали досліджень було впроваджено у навчальний процес в Національному транспортному університеті, а саме під час викладання дисциплін «Управління дорожнім рухом» для студентів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» освітньо-професійної програми «Розумний транспорт та логістика для міст»; «Дорожні умови та безпека руху (Спецкурс)» для студентів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» освітньо-професійної програми «Інтелектуальні системи управління дорожнім рухом».

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено рішення актуальної науково-практичної задачі, що полягає в удосконаленні методу оперативного управління рухом транспортних потоків на основі моделювання з урахуванням реального часу, що дозволяє визначити ефективні параметри регулювання залежно від транспортної ситуації на ділянках підходу автомобільних доріг до міст та

підвищити ефективність функціонування системи «Дорожні умови – транспортні потоки».

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному:

1. Виконано аналіз існуючих методів управління дорожнім рухом на підходах до міст в умовах функціонування автоматизованих систем. Було встановлено, що для прийняття ефективних рішень, математичні моделі, на яких базуються чинні методи, потребують удосконалення з метою врахування актуальних і фактичних даних щодо транспортного потоку, його складу, інтенсивності та умов руху в реальному часі. У результаті аналізу було виявлено, що найбільш ефективними в європейському контексті є інтегровані системи ITS, які базуються на багаторівневому зборі даних.

2. Проаналізовано дорожньо-транспортні пригоди на ділянках підходу автомобільних доріг до міста Києва та було виявлено, що понад 50 % усіх зафіксованих ДТП сконцентровано в межах 30-кілометрової зони віддаленості від межі міста. Це свідчить про чітку тенденцію до збільшення інтенсивності руху транспортного потоку та завантаженості ділянки дороги, що й впливає на частоту виникнення ДТП при наближенні до межі міста.

Розроблено математичну модель адаптивного управління рухом транспортних потоків на підходах до міст з урахуванням реального часу. Встановлено, що на підходах до міст можуть виникати різні «критичні ситуації», які фіксуються або за допомогою технічних засобів збору та передачі інформації про дорожній рух, або за допомогою спеціальних повідомлень до центру керування. У кожному конкретному випадку виникнення «критичних ситуацій» приймається рішення, яке реалізується шляхом подання команд засобами відображення керуючих впливів на інформаційні табло змінної інформації.

3. Удосконалено метод оперативного управління на основі моделювання руху транспортних потоків з урахуванням реального часу, який використовувався під час імітаційного моделювання заторів у середовищі PTV Vissim.

У процесі моделювання було встановлено, що середня величина швидкості становить 63,67 км/год, а середній час затримки – 40,48 с. Однак при виникненні перешкоди середній час затримки значно збільшується до 45,57 с, а середня швидкість зменшується до 63,1 км/год. Після надання рекомендацій щодо встановлення швидкісного режиму було визначено, що середній час затримки становить 37,57 с, який зменшився і складає 19 %, а середня швидкість руху транспортного потоку становить 68,83 км/год, яка збільшилась на 5 км/год, що свідчить про ефективність запропонованих заходів у покращенні умов руху на ділянці автомобільної дороги М-06.

Отримані результати підтвердили адекватність розробленої математичної моделі, зокрема було отримано, аналогічно розрахункам, рекомендовані швидкості руху, в обох розглянутих випадках вони знаходяться у межах 63 – 65 км/год за інтенсивності руху 1 800 – 1 900 авт/год.

4. Розроблено методику управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, на основі математичної моделі та удосконаленого

методу оперативного управління, що дозволить зменшити транспортні затримки, підвищити середню швидкість руху транспортного потоку та підвищити ефективність використання дорожньої інфраструктури. Розроблену методику можна адаптувати на інші ділянки автомобільних доріг шляхом аналогічного аналізу та розробленого підходу з використанням інформації у реальному часі.

Результати дисертаційного дослідження було використано під час розроблення нормативних документів.

Матеріали досліджень було впроваджено у навчальний процес, зокрема під час викладання дисциплін «Управління дорожнім рухом» і «Дорожні умови та безпека руху (Спецкурс)» для студентів Національного транспортного університету.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, що включені до міжнародних наукових баз:

1. Hulchak O, Vyhovska I, Nahrebelna L, Korchevska A. Ensuring Consistent Traffic Management Through Information Support on Road Approach Sections to Major Cities. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2025. Vol. 5.

URL: <https://doi.org/10.31435/ejits.5.2025.3340>

2. Оксана Гульчак, Інна Виговська, Аліна Корчевська. Методика оперативного управління дорожнім рухом при виникненні критичних ситуацій за рахунок інформаційного забезпечення. *Multidisciplinary international scientific magazine «Věda a perspektivy»* is registered in the Czech Republic. 2025. №5 (48). С. 243 – 258.

URL: [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2025-5\(48\)](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2025-5(48))

3. Куницька О.М., Корчевська А.А. Конфлікти, що виникають у дорожньому русі, дорожньо-транспортні ситуації та дорожньо-транспортні пригоди. *World Science*. 2016. Vol.1. № 10 (14), С. 38-40.

URL: <https://rsglobal.pl/index.php/ws/issue/view/51/51>

Статті у фахових виданнях України:

4. Hulchak O, Popov S, Nahrebelna L, Korchevska A Distribution of Traffic Speeds on the Approaches to Major and Most Significant Cities. *Transport Technologies*. 2025. Vol.6(1), 48–60.

URL: <https://doi.org/10.23939/tt2025.01.048>

5. Поліщук В.П., Виговська І.А., Нагребельна Л.П. Корчевська А.А. Моделювання розподілу транспортних потоків на мережі автомобільних доріг. *Дороги і мости*. 2023 – Вип. 27 (2023). С. 253–266.

URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.253>

6. Янішевський С.В., Білоног О.Є., Корчевська А.А. Обмеження швидкості транспортних засобів в містах для підвищення безпеки вразливих учасників дорожнього руху. *Вісник НТУ*. 2023 Вип. 1 (55). С. 316-325.

URL: <http://doi.org/10.33744/2308-6645-2023-1-55-335-347>

7. Корчевська А.А. До питання про вплив змін транспортної інфраструктури на характеристики транспортного потоку. *Вісник НТУ*. 2022. Вип. 3 (53) С.172-177.

URL: <http://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-3-53-172-177>

8. Дзюба О.П., Корчевська А.А., Шевченко А.Т. Аналіз впровадження інтелектуальних транспортних систем в європейських містах. *Вісник НТУ*. 2022. Вип. 1 (48). С. 193-200.

URL: <http://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-193-200>

9. Нагребельна Л.П., Корчевська А.А. Покращення безпеки дорожнього руху за допомогою автоматизованого управління дорожнім рухом. *Вісник НТУ*. 2021. Вип. 1 (48). С. 233-241.

URL: <http://doi.org/10.33744/2308-6645-2021-1-48-233-241>

10. Поліщук В.П., Лановий О.Т., Єресов В.І., Куницька О.М., Корчевська А.А., Корчевський А.О. Удосконалення методів забезпечення безпеки учасників дорожнього руху. *Управління проєктами, системний аналіз і логістика*. 2015. Вип. 15. С. 129-132.

11. Поліщук В.П., Корчевська А.А. До питання про функціонування системи « перехрестя + зупиночний пункт – транспортний потік ». *Вісник НТУ*. 2012. Вип. 26 С. 259-262.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_2_2013/259-262.pdf

Опубліковані праці апробаційного характеру:

12. Nahrebelna, L., Kostrulyova, T., Korchevska, A., Shpin, D. Improving Traffic Safety with Using a Promising Extrapolation Method. *Proceedings of the 2nd International Conference «Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort»*. Kyiv, Ukraine. 2025. P. 183-193.

URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-87379-9> (Scopus)

13. Гульчак О.Д., Нагребельна Л.П., Кострульова Т.Є., Корчевська А.А. Як зменшити затори на підходах до міст та у містах. *Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference*, April 3-4, 2025. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. P. 63-66.

14. Нагребельна Л.П., Корчевська А.А. Дорожній рух як об'єкт управління системою «Дорожні умови – транспортні потоки». *Тези Міжнародна науково науково-практична конференція «Інноваційні підходи у відновленні транспортної інфраструктури в особливих умовах воєнного стану: виклики та перспективи» (23-24 жовтня 2024 р.)* 2024. С. 529-532.

URL:

<https://drive.google.com/file/d/119CSuU4Cu0QEYWXszdIklaOXf4FnYlyU/view>

15. Корчевська А.А., Виговська І.А., Смаглюк Р.В. Моделювання та аналіз транспортного потоку на регульованому перехресті в програмному середовищі PTV Vissim. *79-та наукова конференція професорсько-*

викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К., НТУ, 2023. С. 59.

URL: https://drive.google.com/file/d/1oCZ0c6h_jANE-xpYJQjC5b-yZ_B5TFp/view

16. Нагребельна Л.П., Корчевська А.А., Виговська І.А., Шелест В.В. Інноваційні методи організації дорожнього руху при управлінні транспортними потоками. *Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні транспортні системи: екологія, безпека, якість, комфорт»*. К., НТУ, 2023. С. 185-190. ISBN: 978-966-632-318-0 (Online)

URL: <http://doi.org/10.33744/978-966-632-318-0-2022-3>

17. Корчевська А.А. Управління дорожнім рухом в містах на основі моніторингу за ділянками підходу автомобільних доріг до них. *LXXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К., НТУ, 2021. С. 472.

URL: <http://vstup.ntu.edu.ua/konf-77.pdf>

18. Корчевська А.А. Інформаційне забезпечення автоматизованих систем управління дорожнім рухом на автомобільних. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К., НТУ, 2020. 536 с.

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

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

19. Поліщук В.П., Виговська І.А., Корчевська А.А. До питання технології проектування організації дорожнього руху з обмеженнями на дорожній мережі. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2022. № 8. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-8-8142>

20. Поліщук В.П., Корчевська А.А., Нагребельна Л.П. Визначення середніх і рекомендованих швидкостей руху на підходах до значних та найзначніших міст в залежності від умов при управлінні рухом. *Актуальні напрями розвитку технічного та виробничого потенціалу національної економіки: монографія*. Дніпро: Пороги, 2021. 536 с. ISBN 978-617-518-399-1 (183-209 с.)

21. Polishchuk V., Yanishevskiy S., Bilonoh O., Nahrebelna L., Trushevsky V., Korchevska A., Semenchenko O., Vyhovska I. Expert assessment of engineering and planning solutions to improve the safety of vulnerable road users in Ukraine. *Expert assessments in decision making: risks and safety: collective monograph..* Tallinn: Scientific Route OÜ, 2023. P. 154-206.

URL: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-2-1.ch6> (Scopus)

Свідоцтва та патенти:

22. Літературний письмовий твір наукового характеру «Визначення середніх і рекомендованих швидкостей руху на підходах до значних та найзначніших міст в залежності від умов при управлінні рухом». Автори:

Поліщук В.П., Корчевська А.А., Нагребельна Л.П. Свідоцтво про реєстрацію авторського права №111955. Дата реєстрації 21 лютого 2022 р.

АНОТАЦІЯ

Корчевська А.А. Удосконалення методу управління дорожнім рухом на підходах до міст в умовах функціонування автоматизованих систем. – 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, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2025.

Обґрунтовано актуальність обраної теми та представлено нове рішення актуальної задачі; окреслено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету й задачі дослідження; визначено об'єкт, предмет і методи дослідження; висвітлено наукову новизну, наукове, теоретичне і практичне значення отриманих результатів; розкрито особистий внесок здобувача; наведено публікації

Проаналізовано існуючі методи управління дорожнім рухом на підходах до міст в умовах функціонування автоматизованих систем.

У результаті аналізу існуючих методів управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст було виявлено що найбільш ефективними є інтегровані інтелектуальні транспортні системи, які базуються на багаторівневому зборі даних, прогнозуванні заторів, автоматичному регулюванні руху та оперативному інформуванні учасників дорожнього руху.

Розроблено математичну модель адаптивного управління рухом транспортних потоків на підходах до міст з урахуванням реального часу.

Удосконалено метод оперативного управління на основі моделювання руху транспортних потоків.

Розроблено методика управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до міст, що дозволить зменшити транспортні затримки, підвищити середню швидкість руху транспортного потоку та підвищити ефективність використання дорожньої інфраструктури.

Запропонований підхід може бути використано на інші ділянки підходів до різних міст України шляхом проведення аналізу, який забезпечує єдиний підхід до визначення ділянок підвищеної аварійності.

Розроблена методика управління дорожнім рухом на ділянках підходу автомобільних доріг до значних та найзначніших міст дозволяє динамічно оцінювати пропускну здатність та раціональну швидкість руху, виходячи з реального складу транспортного потоку та конфігурації ділянки автомобільної дороги. Це створює передумови для впровадження інтелектуальних транспортних систем на ділянках підходів до міст щодо ефективного управління транспортними потоками, зокрема в рамках систем адаптивного управління дорожнім рухом.

Ключові слова: автоматизована система, автомобільна дорога, безпека руху, інтенсивність руху, транспортний потік, швидкість, транспортний засіб,

транспортна система, пропускна здатність, імітаційна модель, управління транспортними потоками.

ABSTRACTS

Korchevska Alina. Improving the Method of Traffic Control on the Approaches to Cities in the Conditions of Automated Systems. A qualifying scientific work on the rights of manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Engineering Sciences: Specialty 05.22.01 «Transport systems» (275 Transport technologies (on motor transport)) National Transport University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2025.

The relevance of the chosen topic is substantiated, and a novel solution to a pressing problem is presented. The connection of the work with scientific programs, plans, and themes is outlined. The research's aim and objectives are formulated, and its object, subject, and methods are defined. The scientific novelty, as well as the scientific, theoretical, and practical significance of the obtained results, are highlighted. The applicant's personal contribution is disclosed, and a list of publications is provided.

Existing methods for traffic management on city approaches under automated system operation conditions have been analyzed. The analysis of current traffic management methods on urban road approach sections revealed that the most effective solutions are integrated intelligent transport systems. These systems are based on multi-level data collection, congestion prediction, automatic traffic regulation, and real-time information dissemination to road users.

A mathematical model for adaptive traffic flow management on city approaches, considering real-time conditions, has been developed. The method of operational management based on traffic flow simulation has been improved.

A methodology for traffic management on road approach sections to cities has been developed. This methodology is designed to reduce traffic delays, increase the average speed of the traffic flow, and enhance the efficiency of road infrastructure utilization.

The proposed approach can be extended to other approach sections of various cities in Ukraine. This can be achieved through a comprehensive analysis that ensures a unified approach to identifying high-accident rate areas.

The developed methodology for traffic management on road approach sections to major and largest cities allows for dynamic evaluation of traffic capacity and rational vehicle speed. This evaluation is based on the actual composition of the traffic flow and the configuration of the road section. This creates prerequisites for the implementation of intelligent transport systems on city approach sections for effective traffic flow management, particularly within adaptive traffic control systems.

Key words: Automated Systems, Road, Traffic Safety, Traffic Intensity, Traffic Flow, Speed, Vehicle, Transport System, Traffic Capacity, Simulation Model, Traffic Flow Management.