

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
менеджменту ім. М.П.Момотенка
(назва кафедри)

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

« — » _____ 2023 р.

« — » _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення ідентифікації параметрів моделі системи «водій –
автомобіль – дорога»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК
(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
к.т.н., доц. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Людмила ТІТОВА
(ім'я, прізвище)

Виконала:

(підпис)

Анжела ДОМАСКІНА
(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

Д.Т.Н., проф.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(ім'я прізвище)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТЦІ

Анжелі Дмитрівні Домаскіній
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення ідентифікації параметрів моделі системи «водій – автомобіль – дорога»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «Є»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах ідентифікації параметрів моделі системи «водій – автомобіль – дорога»

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичний розрахунок значень ідентифікації параметрів моделі системи «водій – автомобіль – дорога»
3. Методика експериментальних досліджень ідентифікації параметрів моделі системи «водій – автомобіль – дорога»
4. Результати експериментальних досліджень, техніко-економічна ефективність виконаних досліджень

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Людмила ТІТОВА

(ім'я прізвище)

Завдання прийняла до виконання

(підпис)

Анжела ДОМАСКІНА

(ім'я прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ. ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ТА ЗАДАЧДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1. Аналіз транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг України та транспортних потоків на ній.....	7
1.2. Аналіз методів визначення показників безпеки дорожнього руху.....	18
1.3. Аналіз існуючих досліджень, що присвячені питанням безпеки дорожнього руху.....	25
1.4. Висновки до розділу 1.....	30
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ..	31
2.1. Аналіз сучасних методів, засобів та технологій ідентифікації та визначення параметрів руху автотранспортних засобів.....	31
2.2. Системний підхід до вивчення руху транспортних потоків.....	40
2.3. Встановлення підходів до моделювання транспортного потоку та використання їх для проектних рішень.....	42
2.4. Обґрунтування факторів, які впливають на безпеку руху.....	45
2.5. Встановлення залежностей зміни швидкості руху від факторів, що визначають дорожні умови.....	50
2.6. Обґрунтування просторової видимості на ділянці автомобільної дороги.....	53
2.7. Висновки до розділу 2.....	57
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В РІЗНИХ ДОРОЖНІХ УМОВАХ.....	59
3.1. Використання технології Великих даних для прогнозування аварійно- небезпечних ситуацій на мережі автомобільних доріг.....	59
3.2. Встановлення підходів до визначення швидкості руху транспортних потоків на ділянках з різними дорожніми умовами.....	63

3.2.1. Умови руху на ділянці з подовжнім похилом.....	63
3.3. Натурні дослідження швидкості руху та створення бази актуальних даних з використанням Великих даних.....	65
3.4. Розроблення методу визначення просторової видимості.....	72
3.4.1. Визначення видимості на нерегульованих залізничних переїздах, перехрестях та примиканнях інших автомобільних доріг в одному рівні.....	73
3.5. Підвищення безпеки дорожньої інфраструктури з використанням технології Великих даних про параметри доріг.....	76
3.6. Підвищення безпеки руху з урахуванням Великих даних про геометричні параметри транспортних засобів.....	78
3.7. Висновки до розділу 3.....	79
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Сучасні умови функціонування промислових об'єктів та об'єктів критичної інфраструктури вимагають пошуку нових інформаційних технологій захисту та охорони таких об'єктів від несанкціонованого доступу. Охорона периметру територій неможлива без використання комп'ютеризованих систем управління та автоматики. Однак з розвитком інформаційних технологій і зростає оснащеність зловмисників, які знаходять все нові шляхи подолання перешкод на своєму шляху. Тому достатньо актуальним є удосконалення комп'ютеризованих систем контролю доступу з метою підвищення стійкості та надійності функціонування закритих об'єктів.

Досягти належного рівня захисту периметру закритих об'єктів неможливо без використання сукупності методів ідентифікації та визначення параметрів руху транспортних засобів та осіб. Ці методи повинні бути інтегровані в комп'ютеризовані системи контролю доступу на об'єкт.

Вагомий внесок у створення подібних систем та розвиток методів і засобів їх побудови внесли роботи таких вітчизняних та закордонних авторів: Вінцюка Т.К., Шлезінгера М.І., Оленіна Ю.А., Кузнецова О.О., Юдіна О.К., Корченка О.Г., Конаховича Г.Ф., Новікова О.М., Гайворонського М.В., Шелупанова О.О., Афанасьєва О.О., Шапіро Л., Уссермена Ф., Стокмана Дж. та ін.

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 вищевказане 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., Клинковштейна 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 Д.Д., 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.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення підвищення ідентифікації параметрів водій-автомобіль-дорога з урахування впливу дорожніх умов на швидкість руху.

Об'єкт магістерської кваліфікаційної роботи – процес функціонування системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» з урахування впливу дорожніх умов на швидкість руху.

Предмет магістерської кваліфікаційної роботи – екологічні показники навколишнього природного середовища

Методи дослідження магістерської кваліфікаційної роботи. Оцінка засобів підвищення екологічної безпеки проводилась з використанням методів математичного моделювання, теорії ймовірності по окремих, групових та інтегральних критеріях; використання системного підходу. При визначенні наукової проблеми на основі вивчення робіт попередніх дослідників використано методи аналізу та синтезу.

РОЗДІЛ 1

НАУБІП УКРАЇНИ

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ТА ЗАДАЧДОСЛІДЖЕННЯ

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 конструкції та розширення габариту проїзної частини (рис. 1.3).

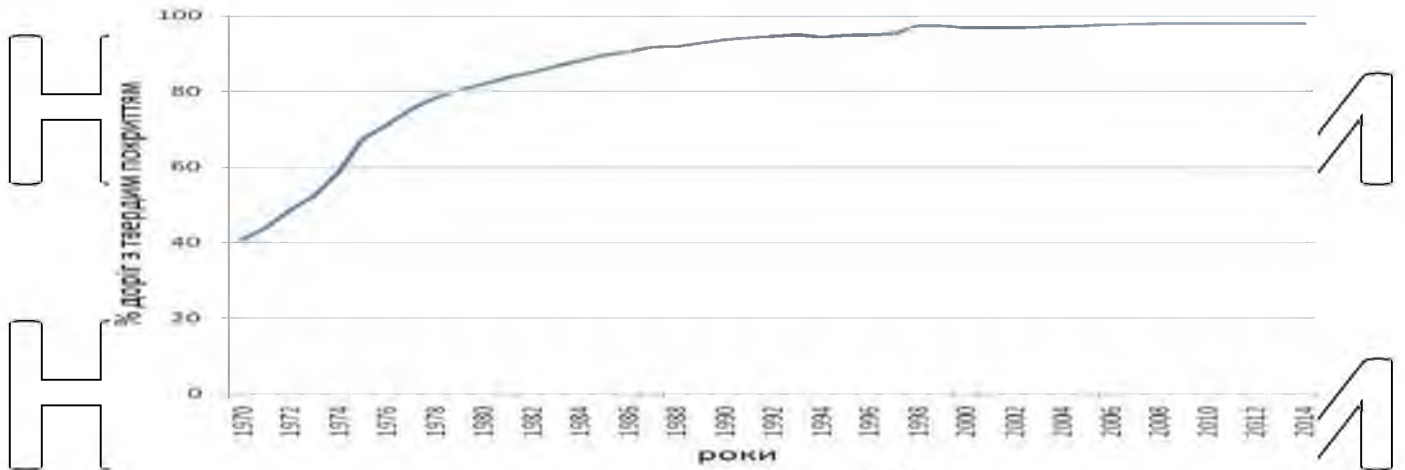


Рис. 1.1 Графік приросту автомобільних доріг з твердим покриттям на території України

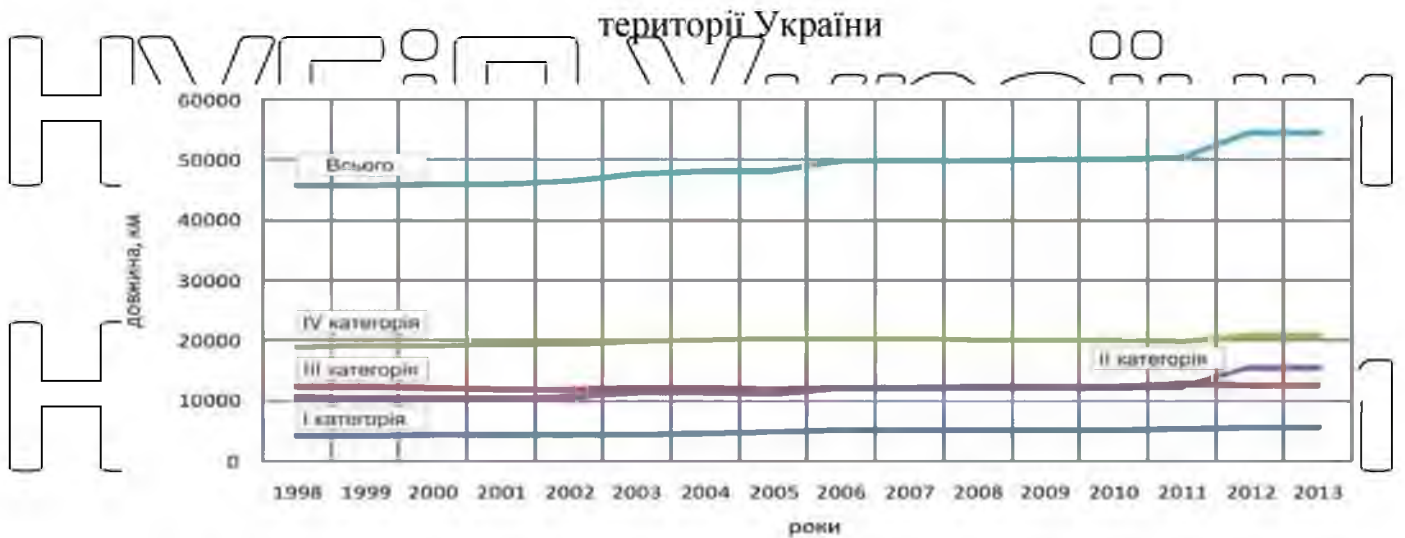


Рис. 1.2 Зміна мережі автомобільних доріг державного значення за категоріями

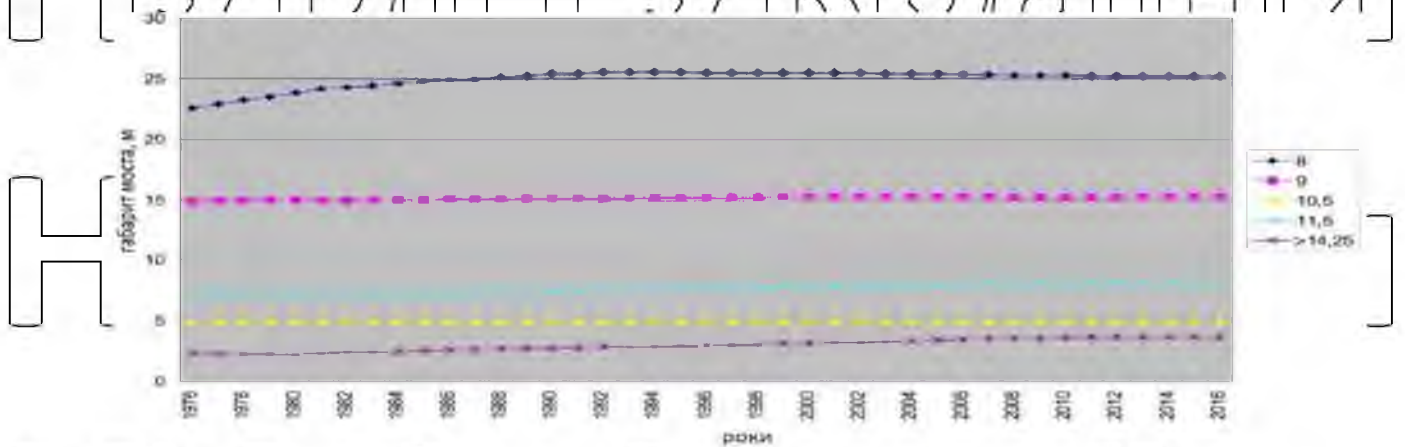


Рис. 1.3 Розподіл габаритів мостових споруд на мережі доріг державного значення

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 Євразійський). Довжина доріг за напрямками транспортних коридорів становить 5240 кілометрів.

Аналіз норм та технічних документів [17, 18] 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

Параметр	Категорії доріг	з 1955 року [61]	з 1962 року [80]	з 1972 року [81]	з 2015 року [18]
1	2	3	4	5	6
Розрахункова швидкість руху, км/год	I	120	150	150	130, 110
	II	100	120	120	90
	III	100	100	100	90
	IV	80	80	80	90
Нормативне навантаження на вісь, кН	I	н/д	100	100	115
	II	н/д			
	III	н/д	60	60	
	IV	н/д	60	60	
Ширина смуги руху, м	I	3,5	3,75	3,75	3,75
	II	3,5	3,75	3,75	3,75
	III	3,5	3,5	3,5	3,5
	IV	3,0	3,0	3,0	3,0
Мінімальний радіус горизонтальної кривої, м	I	600	1000	1000	1200-1100
	II	400	600	600	800
	III	250	600	600	600
	IV	125	400	400	450
Максимальний похил, проміле	I	40	30	30	30-35
	II	50	40	40	40
	III	60	50	50	50
	IV	70	60	60	55
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
	I	2000	8000	8000	8000-7000

Мінімальний радіус увігнутої вертикальної кривої, м	II	1500	5000	5000	5000
	III	1000	1500	1500	3000
Найменша відстань видимості зустрічного автомобіля, м	IV	500	1000	1000	2500
	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 – ІІІ та ІІ 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-Н 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 ІІ технічної категорії, а за такими показниками, як поздовжній профіль на окремих ділянках не відповідає і ІІІ 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 [19].

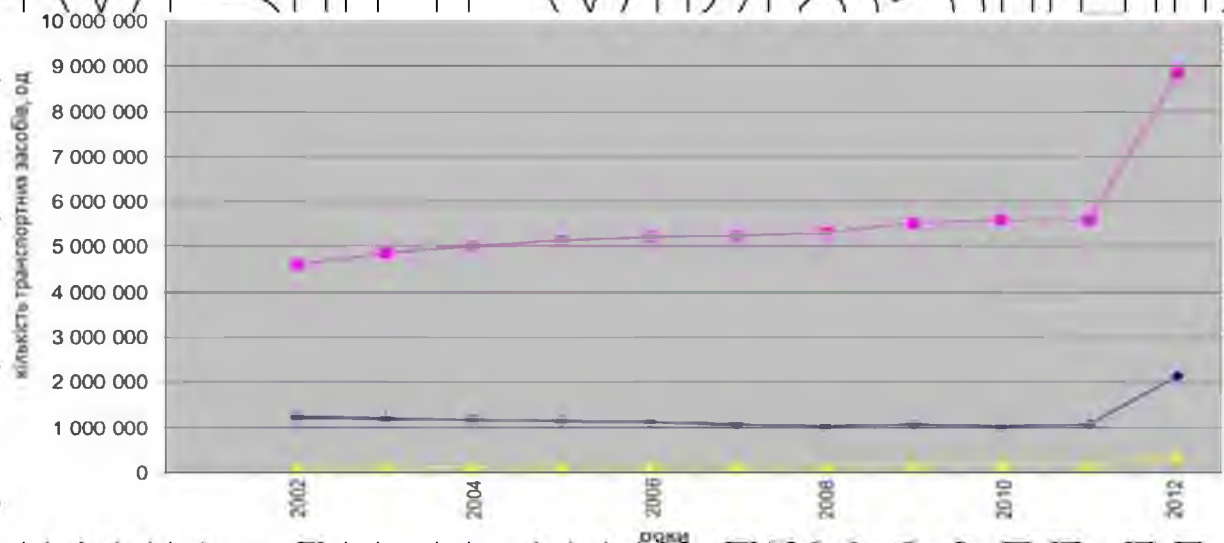


Рис. 1.4 Динаміка змін складу автомобільного транспорту України

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)

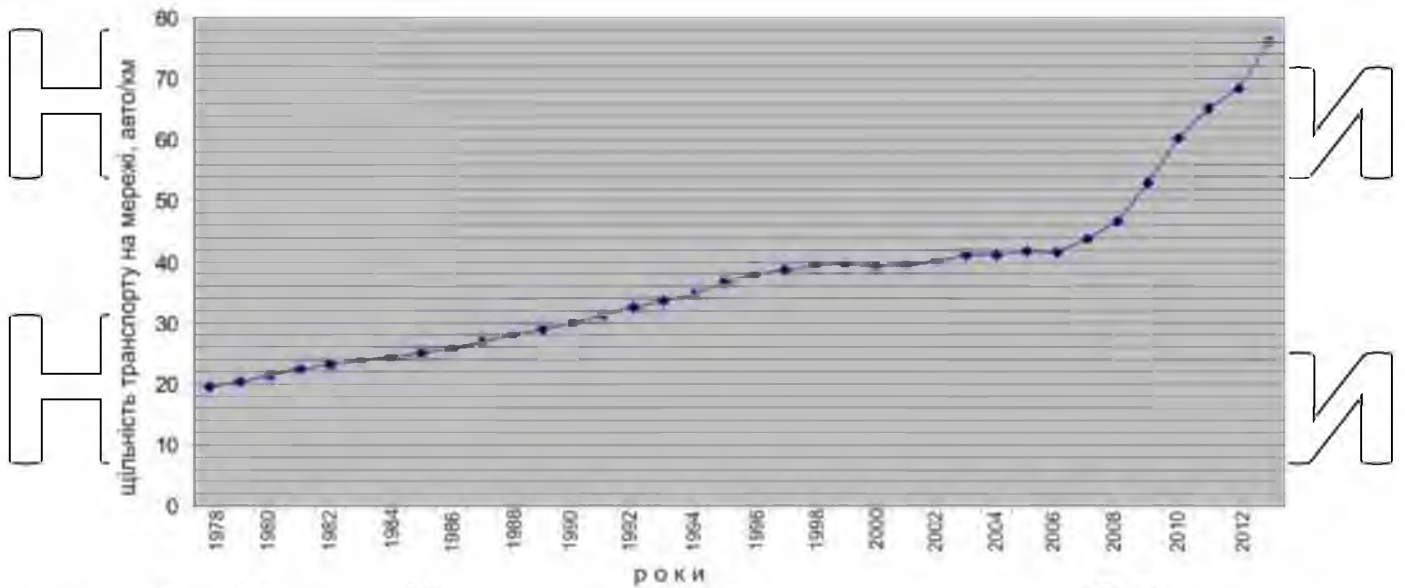


Рис. 1.5 Динаміка завантаження мережі доріг України транспортними засобами. Дана величина є лише аналогом звичного параметра, відомого ще з теорії транспортних потоків [28] і може бути використана для якісного, а не кількісного відображення подій.

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:

$$T_{\text{обгону}} < T_{\text{інтервалу}} \quad (1.1)$$

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

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

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

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.

$$T_{\text{інтервалу}} = \frac{m \cdot D}{2V}, \quad (1.3)$$

Де m – кількість «порожніх» динамічних габаритів.

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] існує класична залежність:

$$\lambda = \frac{n}{V} \quad (1.4)$$

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. 1.1) щільність транспортного потоку може розглядатися, як кількість «зайнятих динамічних габаритів» на 1 км дороги.

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).

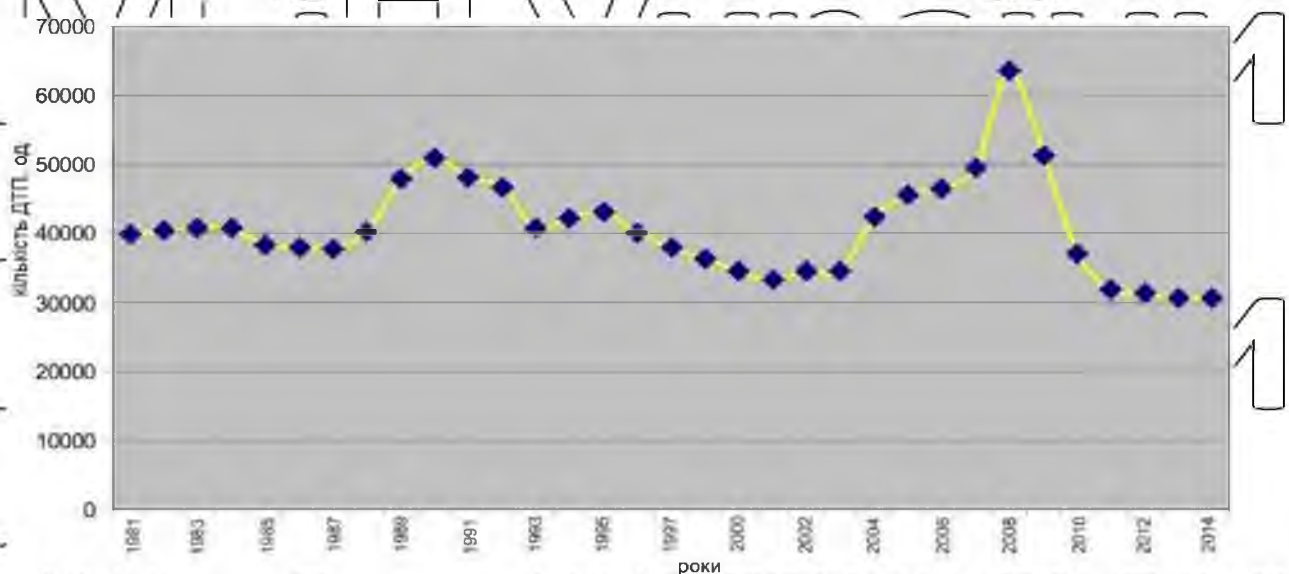


Рис. 1.6 Динаміка аварійності на автомобільних дорогах України

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

Причини виникнення ДТП	Роки									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
01 Керування транспортним засобом у нетверезому стані	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
02 Перевищення встановленої швидкості	1305	1330	883	648	1022	1106	1245	1268	1058	
03 Перевищення безпечної швидкості	1613	1463	726	633	250	216	192	150	83	
04 Невиконання вимог сигналів регулювання	12381	15556	12574	11060	9707	10571	10237	7863	5220	
05 Порушення правил перевезення пасажирів	58	56	36	29	29	34	32	34	23	
06 Порушення правил маневрування	173	60	45	23	21	14	6	13	6	
07 Порушення правил проїзду пішохідних переходів	4978	6752	6079	5207	4867	5237	5362	3700	2344	
08 Порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту	102	142	108	120	133	124	137	94	61	
09 Порушення правил користування освітлювальними приладами	17	10	10	9	4	5	0	0	0	
10 Порушення правил надання безперешкодного проїзду	109	99	56	68	50	49	55	23	24	
11 Порушення правил зупинки і стоянки транспортного засобу	503	495	464	462	412	410	350	258	197	
12 Порушення правил проїзду залізничних переїздів	97	108	82	83	57	72	75	62	45	
13 Порушення правил перевезення вантажів	61	46	38	36	40	29	26	27	11	
14 Порушення правил буксирування	139	151	117	83	112	132	128	94	56	
15 Порушення правил обгону	44	52	28	24	24	20	20	17	14	
16 Виїзд на смугу зустрічного руху	1349	1727	1019	858	880	910	721	559	382	
	2347	2643	2235	2211	1884	2079	1971	1480	949	

Кінець таблиці 1.2

17	Порушення правил проїзду крестень	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	4504	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	5
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

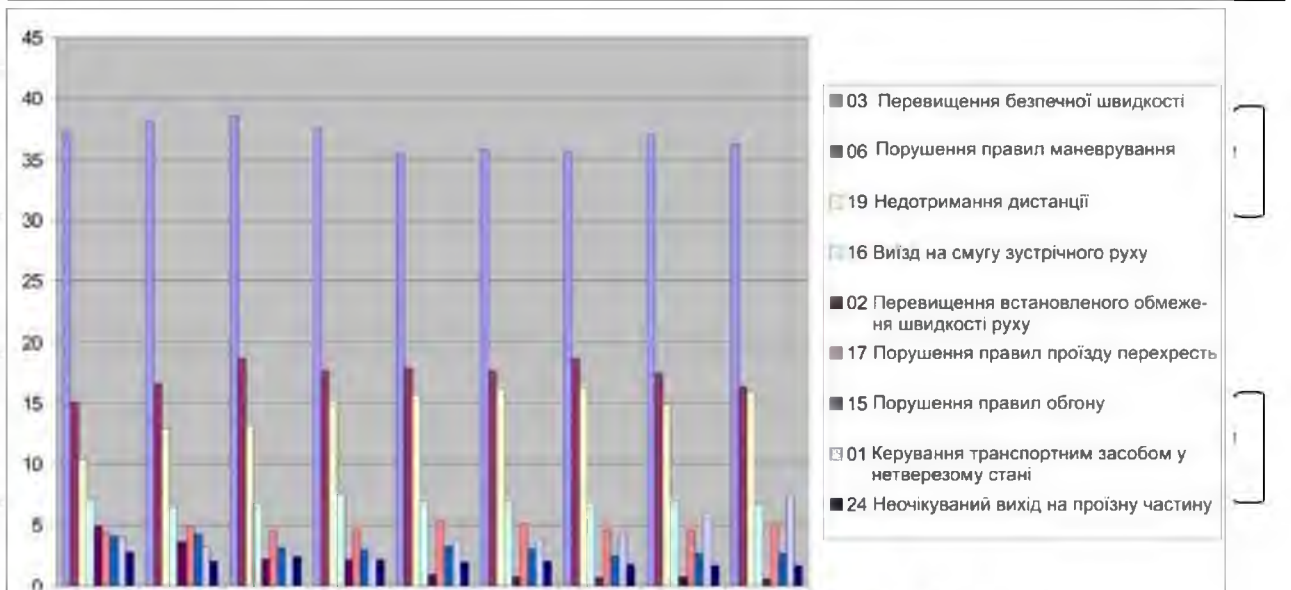


Рис. 1.7 Причини виникнення 90% ДТП

НУБІП України

НУБІП України

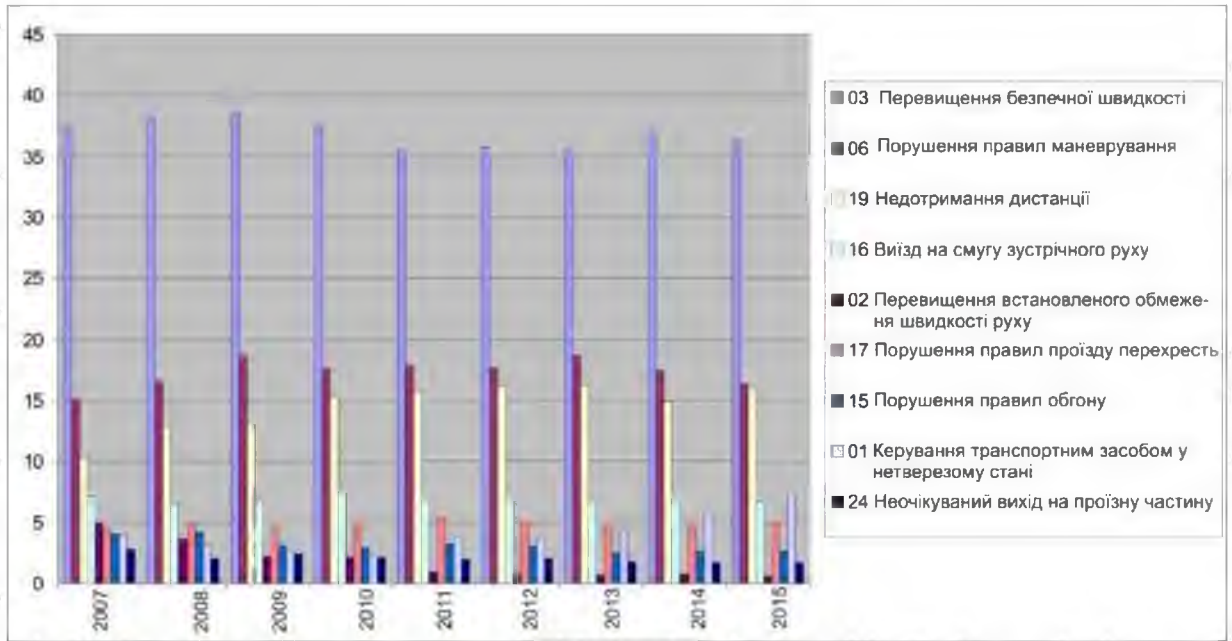


Рис. 1.8 Причини виникнення 75% ДТП

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.

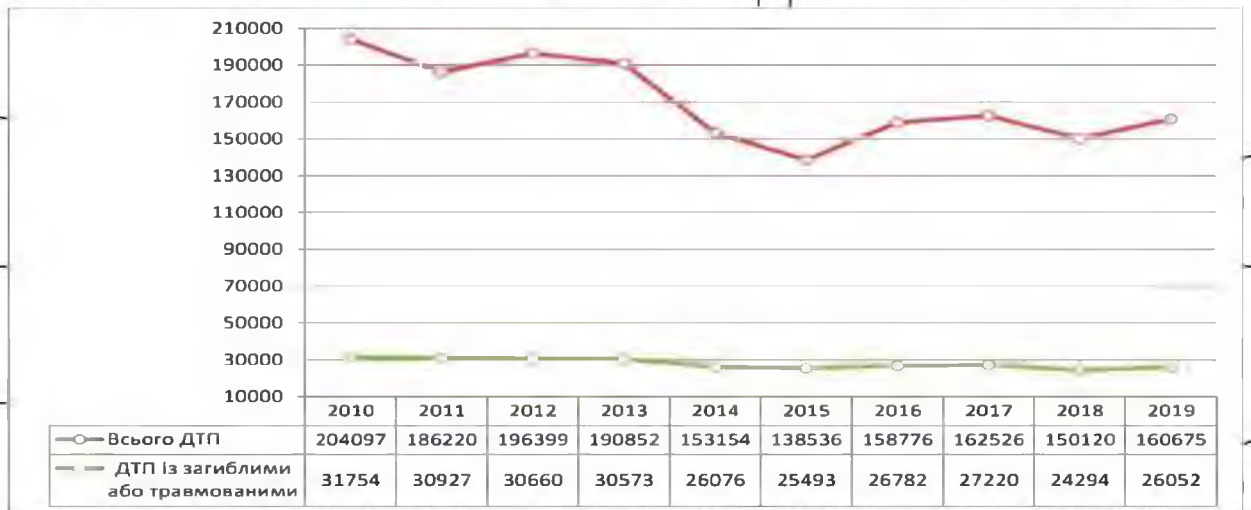


Рис. 1.9 Динаміка дорожньо-транспортних пригод в Україні

НУБІП України

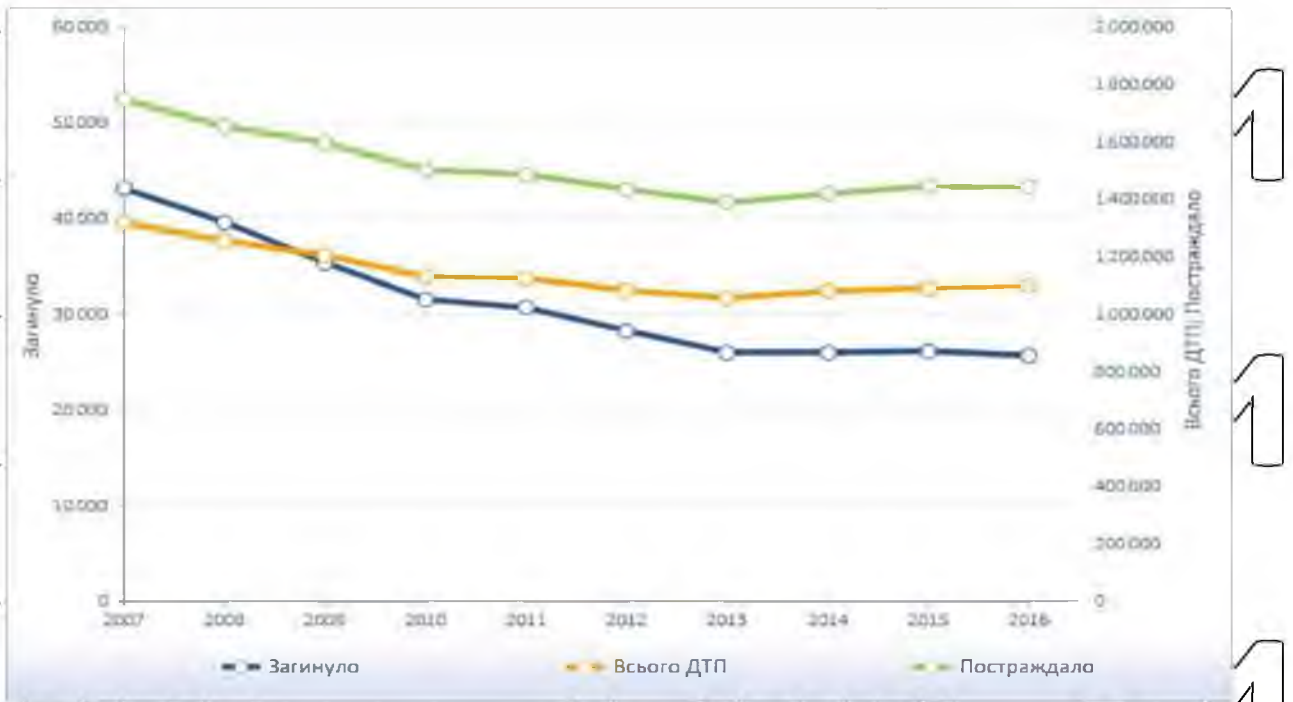


Рис. 1.10 Динаміка дорожньо-транспортних пригод в ЄС

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.

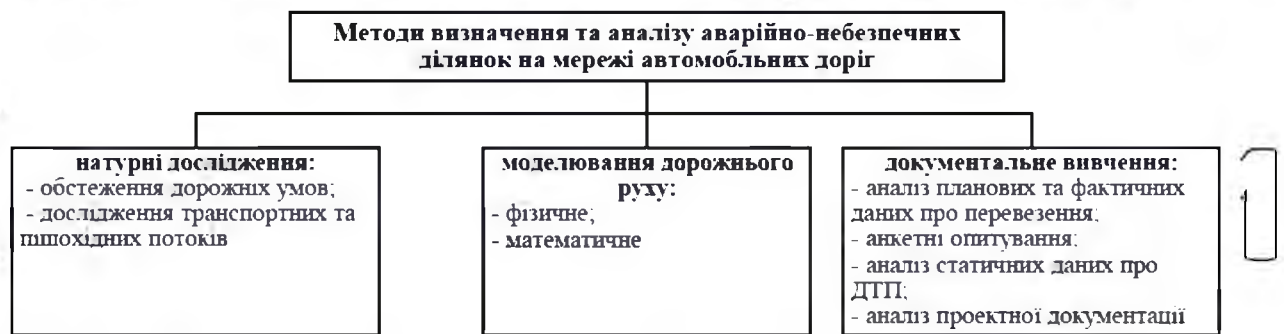


Рис. 1.11 Методи виявлення та аналізу аварійно-небезпечних ділянок

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]	$Y_1 = \frac{10^6 z}{365NL}$ <p style="text-align: center;">або</p> $Y_2 = \frac{10^6 z}{365N}$	- 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]	$K_6 = \frac{V}{V_x}$	- оцінює режим руху окремих автомобілів, що характерно для умов руху на дорогах з малою інтенсивністю або в міжшкільні 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]	$\left\{ \begin{aligned} K_1^e &= q_m \cdot (V_m)^2 \\ K_2^e &= 3 \cdot q_m \cdot V_m \cdot j_i \\ K_3^e &= 3 \cdot q_m \cdot (V_m)^2 \cdot j_i \end{aligned} \right.$	- 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 оцінювання конфліктних точок дає змогу лише приблизно оцінити складність того чи іншого транспортного вузла;
	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	- враховується лише траєкторія, за якою відбувається маневр, а небезпека конфліктної точки залежить від багатьох факторів, таких як інтенсивність конфліктуючих потоків, умови

НУБІП України

НУБІП України

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]	$G_n = \sum_{i=1}^n K_o \cdot G_i$ $G_i = (K_o \cdot M_{\text{min}}) / 10^4$	- враховує лише мінімальну інтенсивність потоків, що конфліктують та коефіцієнт небезпеки здійснення окремого маневру	- не дозволяє обґрунтовано пропонувати заходи щодо удосконалення організації дорожнього руху
Метод конфліктних ситуацій (метод «Дженерал Моторз», 1967) [101, 110, 123]	$K_{\text{кв}} = 0,44 \cdot K_1 + 0,83 \cdot K_2 + K_3$	- 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 «сталонної» 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 $E = 0,0075 \cdot (C - C_0) \cdot S$		<ul style="list-style-type: none"> - 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]	$K_{авт}^{ад} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \dots \cdot K_{18}$	- дає можливість практично безкінечно нарощувати фактори, що впливають на безпеку руху	<ul style="list-style-type: none"> - окремі складові коефіцієнта аварійності є емпіричними і можуть варіюватися в широких межах навіть для доріг однакових категорій. - потребують частого оновлення
Кваліметричний метод [75]	$K_{БД} = K_T + K_{ЭР} + K_3$	- враховує велику кількість факторів, що впливають на безпеку руху та розділені на три групи: технічні, ергономічні і економічні.	<ul style="list-style-type: none"> - 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 ХХ століття.
Комплексний підхід [66] та [67]	$F = D - S \rightarrow \min$	- рівні безпеки дорожнього руху визначаються з урахуванням мікро та макроекономічних показників регіона	<ul style="list-style-type: none"> - аналіз аварійності здійснюється за показниками першої групи; - придатний для загального системного аналізу дорожнього руху в регіоні
Зірковий рейтинг іRAP [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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	0,46	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 проекти 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 машинно-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 займалися 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 Остапівський 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].

Осіпов В.О. у своїй наукових працях, приділив увагу вивченню та розробці методів оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг [22].

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 Формальчика Є.Ю. [25].

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 Прокудин 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 [11] 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. [34].

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 максимальною 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 [19]. 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 [14] 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).

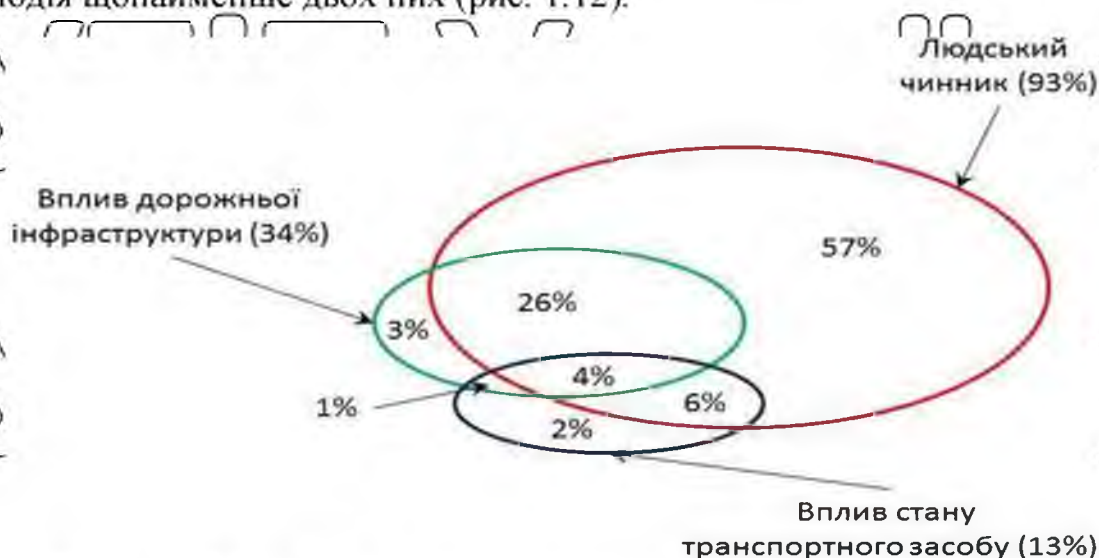


Рис. 1.12 Взаємодія факторів виникнення ДТП

Аналіз досліджень [46] та [54] 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».

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
Неприсебнуті 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-транспортним 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 втому	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%
ненаданням переваги в русі	0,01%
недотриманням вимог дорожніх знаків, сигналів світлофора та/або регулювальника	0,19%
порушенням правил проїзду перехрестя	1,05%
вїздом на смугу зустрічного руху	0,19%
рухом з дуже низькою швидкістю	0,97%
раптовим або недоречним гальмуванням/зупинкою	0,01%
<i>Помилки прийняття миттєвого рішення</i>	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%
<i>Видиме відволікання уваги, що спостерігаються впродовж 6 секунд за настання ДТП</i>	51,93%
в т. ч., пов'язані 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 пасажиром	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%
підтанцювання під музику	1,10%
тривалим затриманням погляду на сторонніх об'єктах або предметах	0,93%

Аналіз робіт вказаних авторів показав, що вони направлені, в основному, на розробку моделей та методів побудови інтелектуальних інформаційних

систем виявлення порушника; технічних засобів захисту інформації; систем однофакторної та багатфакторної ідентифікації особи; методів автоматизації обробки зорової інформації; створення засобів фізичного захисту.

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 багатфакторного аналізу надійності системи «Водій – автомобіль – дорога – середовище – інформація» та прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ2.1. Аналіз сучасних методів, засобів та технологій ідентифікації та
визначення параметрів руху автотранспортних засобів

В результаті проведеного аналізу виявлено, що в сучасних комп'ютеризованих системах доступу на об'єкт необхідно використовувати багатofакторну ідентифікацію як транспортних засобів так і осіб для захисту від підробок. Однак наявність великої кількості методів ідентифікації вимагає їх ретельного аналізу та вибору для сукупного використання шляхом інтеграції в єдину комп'ютеризовану систему контролю доступу на закритий об'єкт.

Система контролю і управління доступом (СКУД) – це комплекс об'єднаних електронних, механічних, електротехнічних, апаратно-програмних та інших засобів, що забезпечують можливість доступу певних осіб в окремі зони або до певної апаратури, технічних засобів і предметів. І що обмежують доступ особам, які не мають такого права [1,2].

Захист будь-якого об'єкта включає кілька рубежів, число яких залежить від рівня режимності об'єкта. При цьому у всіх випадках важливим рубежем буде система контролю та управління доступом (СКУД) на об'єкт.

Добре організована з використанням сучасних технічних засобів СКУД дозволить вирішувати цілий ряд завдань. До числа найбільш важливим можна віднести наступні: протидія промислового шпигунства; протидія розкраданню; протидія саботажу; протидія навмисного пошкодження матеріальних цінностей; облік робочого часу; контроль своєчасності прибуття і відбуття співробітників; захист конфіденційності інформації; регулювання потоку відвідувачів; контроль в'їзду та виїзду транспорту.

В якості найбільш часто використовуваних СКУД можна назвати такі: турнікети звичайні і настінні; турнікети для проходу в коридорах, шлюзові кабінки; автоматичні заслінки; роторні турнікети; обертові двері; дорожні

блокіратори; шлагбауми; паркувальні системи; круглі розсувні двері; триштангові турнікети; повнозростові турнікети; розсувні турнікети.

В нашому випадку розглядається ідентифікація транспортних засобів для доступу на закритий об'єкт. Для організації в'їзду/виїзду транспорту створюються транспортні контрольно-пропускні пункти КПП. До складу транспортного КПП входить оглядовий майданчик і службові приміщення.

Контрольно-пропускні пункти для пропуску автотранспорту обладнуються:

- розсувними або зсувними воротами і шлагбаумами з механічним, електромеханічним і гідравлічним приводами, а також пристроями для аварійної зупинки воріт і відкривання їх вручну.

- майданчиками для контролю з помостами, для огляду автомобілів;

- світлофорами, попереджувальними знаками і світловими табло типу «Бережись автомобіля»;

- телефонним та тривожним зв'язком і освітленням для огляду транспорту. [3]

Системи контролю та управління доступу (СКУД) є найдавнішою складовою системи безпеки. На сьогоднішній день існує дуже багато різновидів СКУД різних виробників, а також її компонентів.

Незважаючи на унікальність кожної конкретної системи контролю доступу, вона містить 4 основних елемента: ідентифікатор користувача (карта-пропуск, ключ), пристрій ідентифікації, керуючий мікроконтролер і виконавчі пристрої. Загальна схема СКУД показана на рис.2.1.

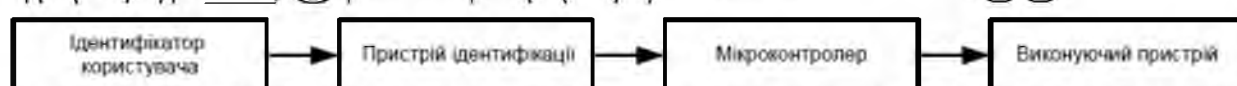


Рис 2.1 Загальна схема СКУД

Роботу системи контролю та управління доступом можна описати наступним чином. Кожен співробітник/або постійний відвідувач організації отримує ідентифікатор (електронний ключ) – пластикову картку або таблетку із зчитувачем з індивідуальним кодом. Електронні ключі видаються в результаті реєстрації перерахованих осіб за допомогою засобів системи. Паспортні дані,

фото (відеозображення) та інші відомості про власника електронного ключа заносяться в персональну електронну картку. Персональна електронна картка власника і код його електронного ключа зв'язуються один з одним і заносяться в спеціально організовані комп'ютерні бази даних.

Залежно від способу перевірки прийнято розрізняти кілька видів СКУД:

- ручні (визначення автентичності особистості здійснюється контролером на основі пред'явленого пропуску з фотографією власника);

- механізовані (фактично та ж ручна перевірка з елементами автоматизації зберігання і пред'явлення пропусків);

- автоматизовані (ідентифікація користувача і перевірка особистісних атрибутів здійснюється електронним автоматом, а автентифікація і прийняття рішення про надання доступу проводиться оператором КТП);

- автоматичні (вся процедура перевірки і прийняття рішення здійснюється комп'ютером). [4]

Розглянемо автоматизовану систему управління транспортним пунктом "Cargo Enterprise" та мережеву систему контролю і управління проїздом автомобілів "ISBS RFID", зокрема їх технічні та програмні засоби.

АСУ КТП призначена для роботи самостійно або при взаємодії з інтегрованим комплексом безпеки.

Доступ автомобілів через контрольні точки (контрольно-транспортні пункти, проміжні пункти реєстрації, вагові та т.п.) здійснюється на основі

даних, одержуваних від відеокамер системи розпізнавання державних номерних знаків автомобілів. Система приймає рішення про допуск автомобіля на контрольовану територію згідно правил співставлення номерному знаку автомобіля (рис. 2.2).



Рис. 2.2 Зона контролю транспортним пунктом

Вона має всі необхідні засоби для опису структури проїздів підприємства, яка може мати складну, в тому числі і ієрархічну, організацію з безліччю майданчиків, в'їздів і виїздів і т.п. Дозволяє організувати гнучку систему доступу автомобілів на майданчики підприємства шляхом створення відповідних груп доступу, і опису дозволених інтервалів часу доступу. Дозволяє вести каталог транспортних засобів (автомобілів) із завданням відповідних атрибутів в разі необхідності (для постійних автомобілів).

Всі ПК системи за допомогою відповідних засобів підключаються до локальної мережі або об'єднуються в окремий її сегмент. Мінімальний комплект програмного забезпечення системи складається з одного модуля «CarGo. Сервер ТД» і одного модуля «CarGo. Адміністратор». Мінімальний комплект може забезпечити роботу тільки в режимі «Реєстрація». В якості системи управління базами даних використовується СУБД «FireBird» версії 2.5 [5].

Мережева система контролю і управління проїздом автомобілів "ISBS RFID" являє собою апаратно-програмний комплекс, за допомогою якого вирішується завдання організації автоматичного або автоматизованого проїзду на підконтрольну територію і обліку переміщення транспорту. До складу входить апаратна RFID-платформа (зчитувач, мітки) і web-сервіс, реалізований на "хмарних" технологіях. Ідентифікація автомобілів здійснюється за принципом «свій/чужий». Ідентифікаторами є безконтактні мітки радіочастотної ідентифікації (RFID), які однозначно визначають конкретний автомобіль або людини, керуючого автомобілем. Мітка не має ні батарейки, ні акумулятора, термін її експлуатації практично не обмежений. На підставі аналізу даних RFID-мітки відбувається управління шлагбаумами, воротами або іншими бар'єрами (рис. 3). Дальність виявлення мітки налаштовується програмно і може залишати від 0,5 до 10 метрів, що для більшості завдань з організації проїзду більш ніж достатньо. У деяких випадках, за запитом замовника, можна досягти дальності до 20 метрів.

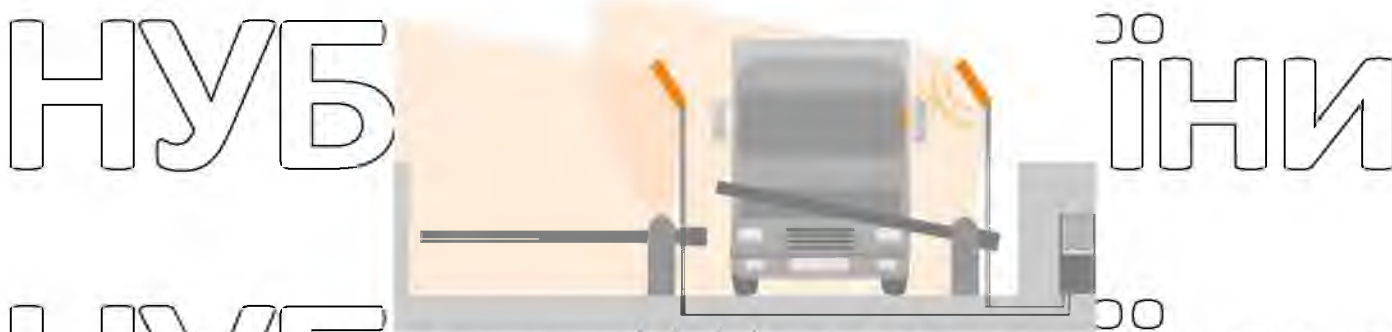


Рис. 2.3 Загальний вигляд КТП, на якому застосовується RFID-ідентифікація. Додатковою функцією мережевої системи контролю може бути фіксація

та аналіз параметрів руху транспортних засобів. При цьому фіксується час проходження цих засобів повз контрольні точки, оснащені зчитувачами радіочастотної ідентифікації. Далі ці дані аналізуються з метою оптимізації траєкторій переміщень транспортних засобів на закритому об'єкті, визначення потрібних часових інтервалів та швидкостей руху, виявлення порушень правил доступу.

Зчитувач радіочастотної ідентифікації розміщується поблизу шлагбаума (воріт або інших бар'єрів), яким він керує. До RFID зчитувача підключаються від 1 до 4 антен, які здійснюють нестійкий моніторинг міток. Як тільки RFID-

мітка потрапляє в поле дії антени, відбувається її ідентифікація та визначення прав доступу. Якщо автомобілю з даної міткою проїзд дозволений

- RFID-зчитувач відкриває шлагбаум. Управління шлагбаумом проводиться за допомогою внутрішнього реле пристрою, внутрішніх оптронів або за допомогою реле зовнішнього Ethernet-модуля промислової автоматизації

Laurent. Всі дії можуть бути записані в журнал подій мережевого програмного забезпечення.

Програмне забезпечення складається з декількох модулів. Всі модулі є "мережевими", тобто розгортаються на будь-якому ПК локальної мережі

Ethernet, доступ до WEB-інтерфейсу здійснюється через браузер (можливий доступ і через глобальну мережу Інтернет). WEB- інтерфейс адаптивний,

зручний для роботи на будь-якому пристрої (ПК, планшет, смартфон, iPhone та ін.). [6]

Згідно проведеного аналізу сучасних СКУД для транспортних засобів

запропонованих на ринку, можна визначити основні особливості роботи, матеріально-технічний склад, методи та засоби ідентифікації, що застосовуються в цих системах. Отже можна зробити висновок, що всі системи доступні на ринку використовують однофакторну систему ідентифікації.

Отже, перейдемо до аналіз методів ідентифікації транспортних засобів, а саме, до аналізу методу та технології ідентифікації транспортних засобів по номерному знаку.

В даний час існує не так багато систем визначення номерних знаків, не всі з яких є по-справжньому якісною продукцією. Однак, паралельно з написанням алгоритмів, розробляються апаратні засоби саме для цих цілей. Системи, що володіють високою швидкістю і точністю розпізнавання, як правило, дуже дорогі. Висока вартість існуючих продуктів не дозволяє здійснити їх масове впровадження.

Задачу ідентифікації автомобіля можна умовно розділити на дві частини: локалізація номерної пластини і розпізнавання символів.

Алгоритм розпізнавання номерного знака складається з наступних етапів:

1. Початок.
2. Вхідне зображення.
3. Запис в конвеєр обробки.
4. Еквалізація (вирівнювання гістограми).
5. Фільтрація.
6. Пошук ліній.
7. Бінарізація.
8. Відфільтрування надлишковості.
9. Пошук області інтересу.
10. Пошук цифр та літер (9 символів з літерами).
11. Порівняння з тестовим зображенням (кореляція).
12. Вивід значень номерного знаку.
13. Вивід розпізнаного зображення.
14. Закінчення.



Рис. 2.4 Приклади роботи алгоритмів нормалізації і сегментації символів

Ці цифри згенеровані заздалегідь. Далі вибираємо найкраще збіг, і, якщо воно більше деякого порога – приймаємо це за хороший результат. Області перебираються зліва направо, так що потрібні цифри вийдуть в потрібному порядку.

В даному випадку реалізований найпростіший алгоритм виведення цифри за параметрами – порівняння з шаблоном. Є кілька варіантів, у кожного є свої плюси і мінуси. Даний метод, який реалізований цілком простий, має прийнятну надійність, прийнятну стійкість [7,8,9].

Розглянуті вище методи ідентифікації транспортних засобів мають ряд недоліків.

RFID СКУД має вразливості в системі. Зі збільшенням популярності даної технології викликає більший і більший інтерес у зловмисників, які прагнуть отримати неправомірну вигоду, обходячи зламуючи RFID системи ідентифікації. Всебічне поширення технології зумовило виникнення цілої низки різноманітних атак, які спрямовані виключно на перешкоджання штатній роботі систем.

Але при всьому найбільш вразливим є канал передачі даних при штатному використанні є смарт-карти. Зафіксовано такі різновиди атак на канал:

блокування доступу для рідера; часовий аналіз; простий аналіз споживаної потужності; атаки на відмову. Також можлива фізична атака на чіп, яка є дуже простою й може забезпечити доступ до його найбільш захищених частин.

Ідентифікації транспортного засобу по номерному знаку також виявлено певні недоліки:

- відсутність можливості розпізнавання забруднених державних реєстраційних номерних знаків;

- низька швидкодія розпізнавання, зумовлена складністю алгоритму розпізнавання зображень;

- можливість використання зловмисниками викраденого, підробленого номерного знаку або його імітації.

Отже, в результаті проведеного аналізу методів та технологій транспортних засобів встановлено, що для удосконалення методів ідентифікації транспортних засобів необхідним є використання комбінування методів розпізнавання та засобів безконтактної ідентифікації в інтегрованій комп'ютеризованій системі доступу на закритий об'єкт.

Проведений аналіз відомих методів ідентифікації транспортних засобів показав, що найбільш ефективними, на наш погляд, є:

метод ідентифікації по номерному знаку автомобіля;

метод ідентифікації транспортних засобів по їх зображенню;

RFID-технологія ідентифікації;

– ідентифікація водія за допомогою смарт-карти.

Запропонуємо скласти систему ідентифікації з відповідних чотирьох модулів.

Модуль 1 являє собою комп'ютеризовану підсистему ідентифікації транспортних засобів по номерному знаку. Модуль 2 являє собою комп'ютеризовану підсистему ідентифікації транспортних засобів по їх зображенню. Підсистема складається з двох блоків, а саме: блоку попередньої обробки; блоку ідентифікації по зображенню.

Модуль 3 – метод побудови комп'ютеризованої підсистеми ідентифікації

транспортних засобів з використанням RFID-технологій та Модуль 4 смарт-карти.

Для оцінки ефективності роботи запропонованої комп'ютеризованої системи багатфакторної ідентифікації та визначення параметрів руху транспортних засобів було виконано методами теорії ймовірності. Результат приведено на рисунку 2.5.

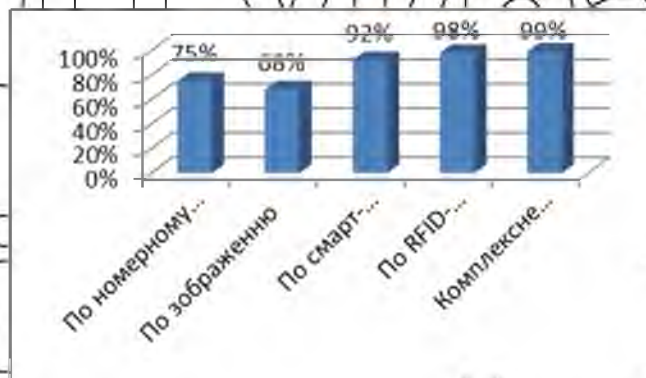


Рис. 2.5 Діаграма відображення ймовірності спрацювання системи

Таким чином, здійснена оцінка ефективності роботи запропонованої комп'ютеризованої системи багатфакторної ідентифікації транспортних засобів, яка побудована за допомогою системного підходу, підтвердила ефективність такого підходу та підвищила ймовірність спрацювання кожної із систем до 99 %.

В системі багатфакторної ідентифікації програма є модулем прийняття рішень, програма дозволяє здійснювати адміністрування баз даних ідентифікаторів. Для даної системи була розроблена блок-схема алгоритму програми, що представлена на рисунку 2.6

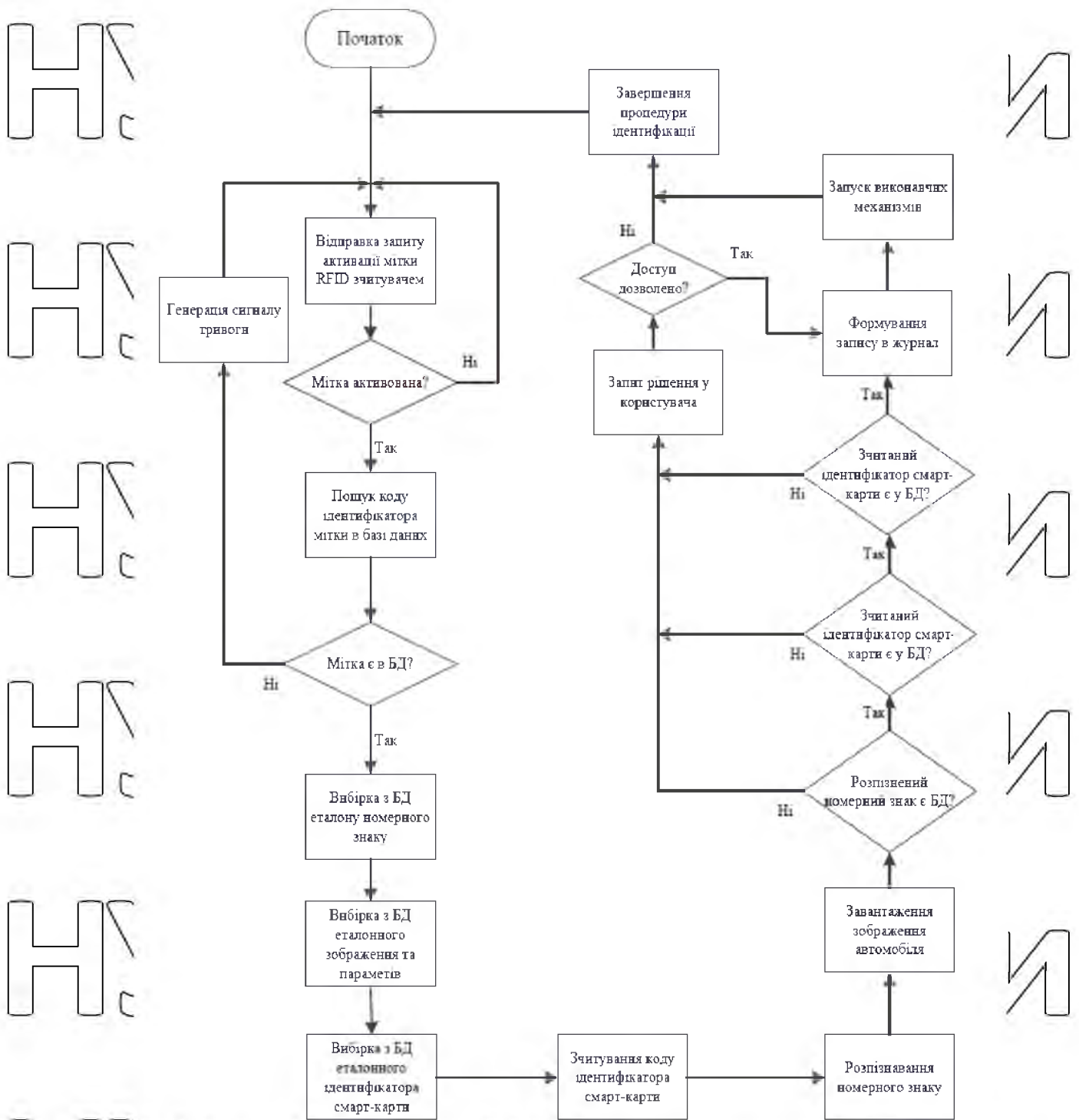


Рис. 2.5 Блок-схема алгоритму роботи блоку ідентифікації та контролю доступу

2.2. 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, 35], що можна описати схематично (рис. 2.7).



Рис. 2.7 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 кожній окремій складовій, 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 зупинкам, збільшення витрати палива) або до аварії (ДТП).

Варто зазначити, що зміна умов руху на різних ділянках дороги або їх 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 руку 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].

2.3. 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 сьогодні 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.

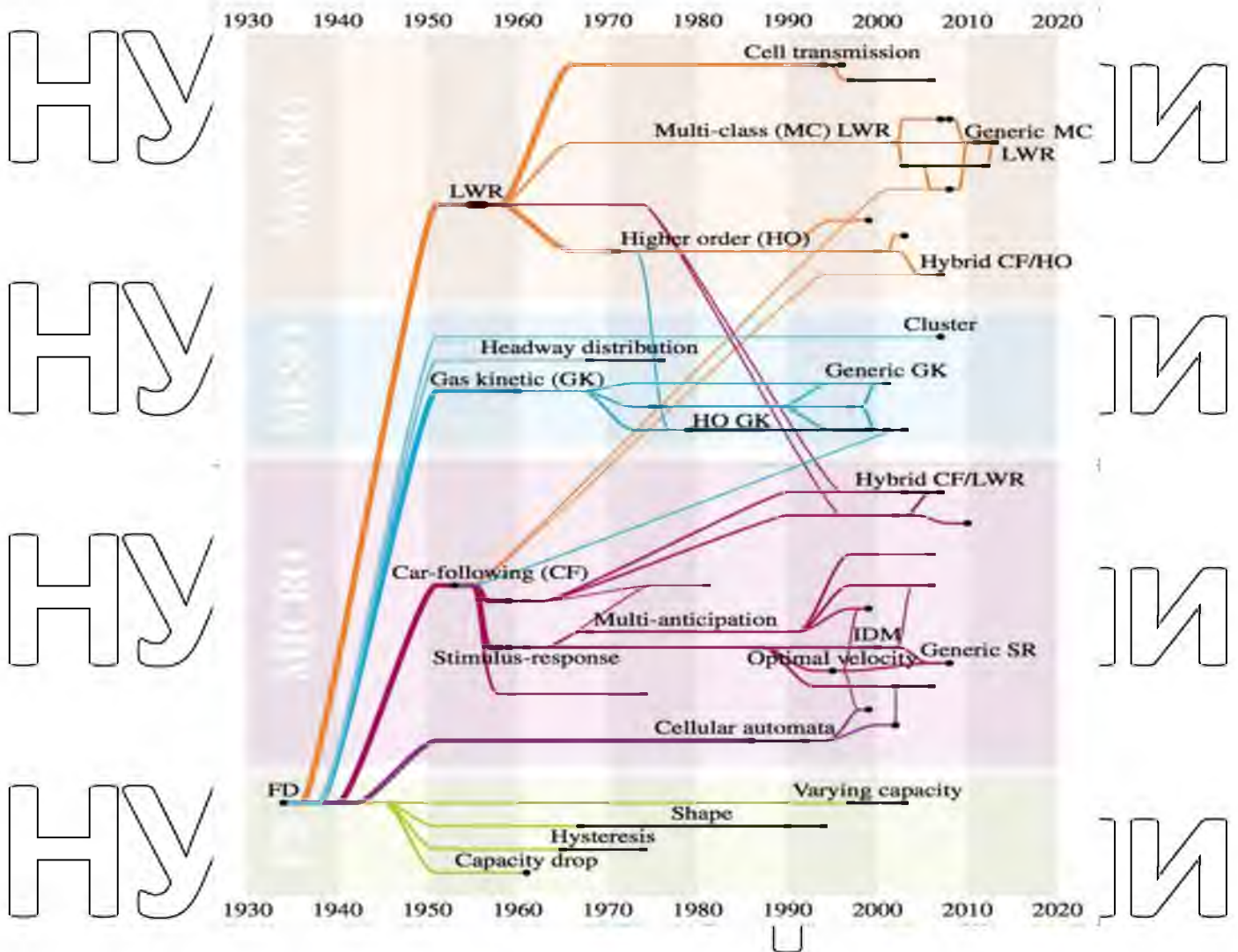


Рис. 2.8 Узагальнена діаграма розвитку моделювання транспортного потоку

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

У цілому, розрізняють (рис. 2.8) 4 рівня (підходи) до моделювання транспортного потоку:

- **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 проєктних рішень

Шуканий(і) параметр(и)	Використовуваний параметр (характеристика)				
	інтенсивність руху	швидкість руху	навантаження на вісь	склад потоку	довжина транспортного засоба
	2	3	4	5	6
Категорія автомобільної дороги згідно з 4.1.3 [18]	приведена або фактична				
Геометричні елементи автомобільної дороги згідно з 4.2.1 та 4.3 [18]		розрахункова	нормативна		нормативна

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]	перспективна	нормативна	фактичний	
Пропускна здатність згідно з 5.2 [59]		розрахункова	питомий	усереднена
Показник невідповідності згідно з 8 [59]		розрахункова	питомий	усереднена
Коефіцієнт пригод згідно з 7.1.2 або коефіцієнт безпеки 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.

2.4. Обґрунтування факторів, які впливають на безпеку руху

2.4.1. 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 $a \in A$ та $b \in B$ – є будь-яка підмножина R декартового добутку $A \times B$:

$$R \in A \times B \text{ або } aRb. \quad (2.1)$$

Для окремих $a \in A$ та окремих $b \in B$ відповідність відсутня і такі множини називаються порожніми або $R = \emptyset$.

Множина елементів $b \in B$, для кожного з яких знайдеться хоч би один елемент $a \in A$, для якого aRb , називається областю значень відповідності, або

$\text{Im}R$.

Для кожної $a \in A$ множини елементів $b \in B$, для яких aRb , називається областю відповідності R і позначається $\text{im}_a R$.

$$\text{Im}R = \bigcup_{a \in A} \text{im}_a R. \quad (2.2)$$

Кожна Відповідність однозначно визначається функцією $a \rightarrow \text{im}_a R$, яка відображає множину A в множину підмножин B .

Одночасно кожна функція f з A в множину підмножин B визначає певну

Відповідність $R(f) : aR(f)b$ тоді і тільки тоді, коли $b \in f(a)$.

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

При описі фізичних процесів, сукупність $\text{im}_a R$ описує результат взаємодії

множин елементів $a \in A$ і $b \in B$.

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 багатofакторних 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.

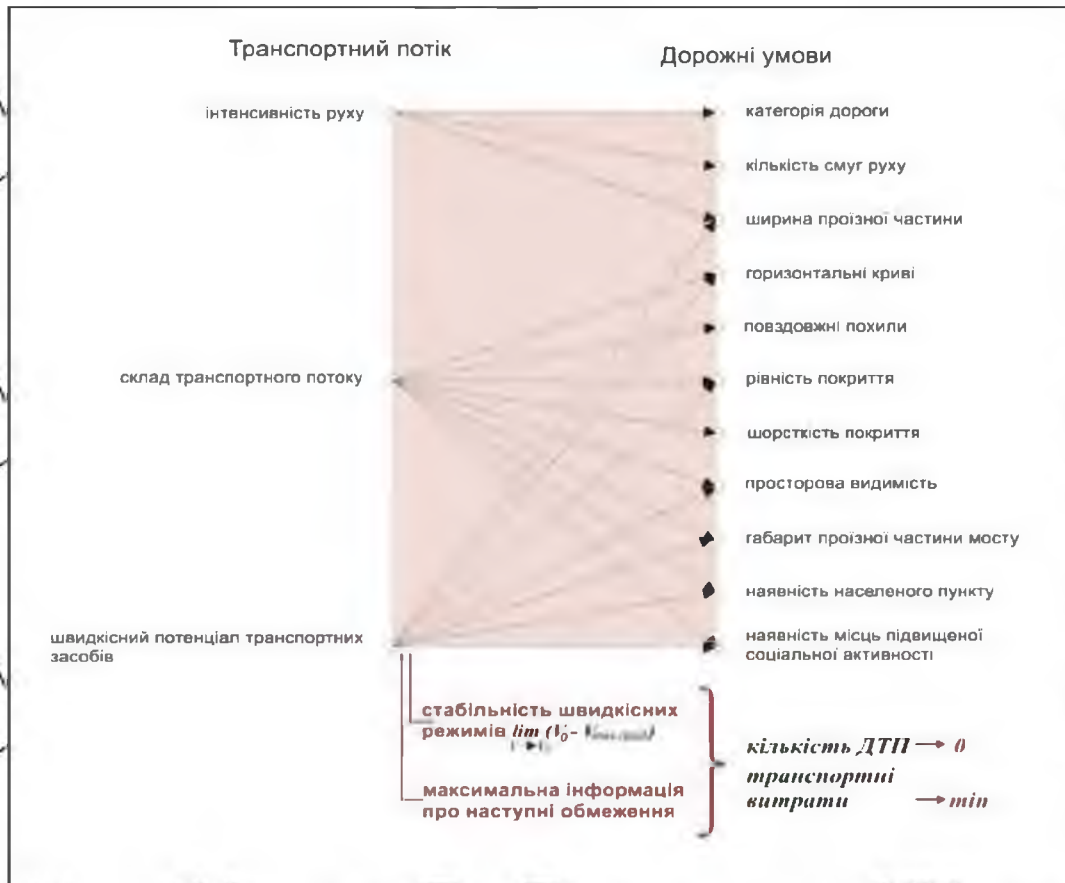


Рис. 2.9 Асиметричний граф запитів транспортного потоку на відповідність дорожніх умов та отриманих результатів

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 безпеку 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 [48].

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. 2.8.

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

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{\Delta^2 \cdot N + t^2 \cdot \sigma^2} \quad (2.3)$$

де t – показник достовірності;
 σ^2 – міжгрупова дисперсія;
 N – обсяг генеральної сукупності;
 Δ – похибка вибірки.

Таблиця 2.2

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 знеплення
Var9	кількість автобусів

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:

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

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 ($l=1, 2, \dots, k$; $i, j=1, 2, \dots, n$).

Кластерний аналіз даних натурних спостережень було опрацьовано з використанням програмного комплексу Statistica 12.

2.5. 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 [28]. Можна виділити наступні його етапи (рис. 2.10).

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» [44] слід розуміти представлення об'єкта, системи чи поняття в деякій абстрактній формі, що є зручною для наукового дослідження.

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 впливають 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].

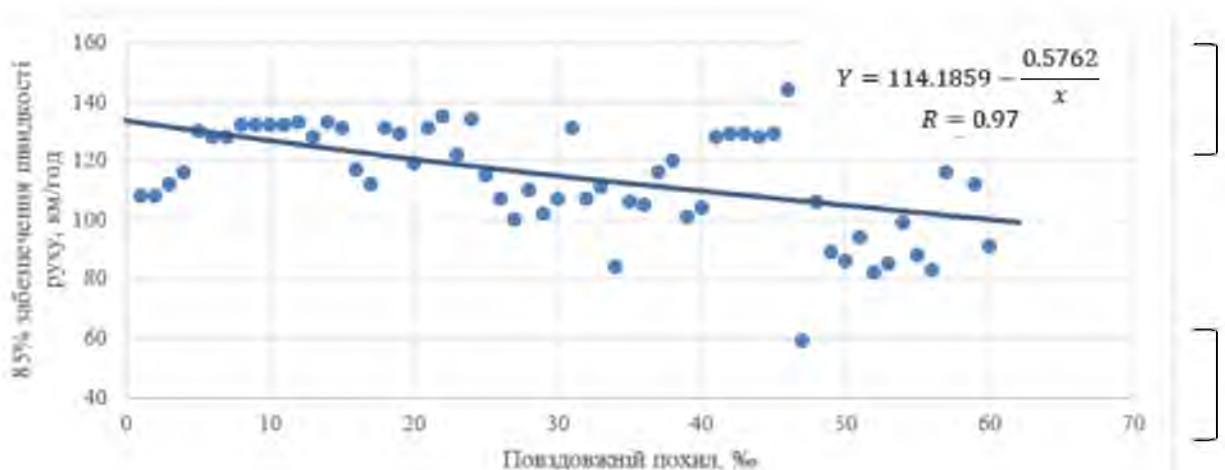


Рис.2.10 Залежність швидкості руху від поздовжнього похилу

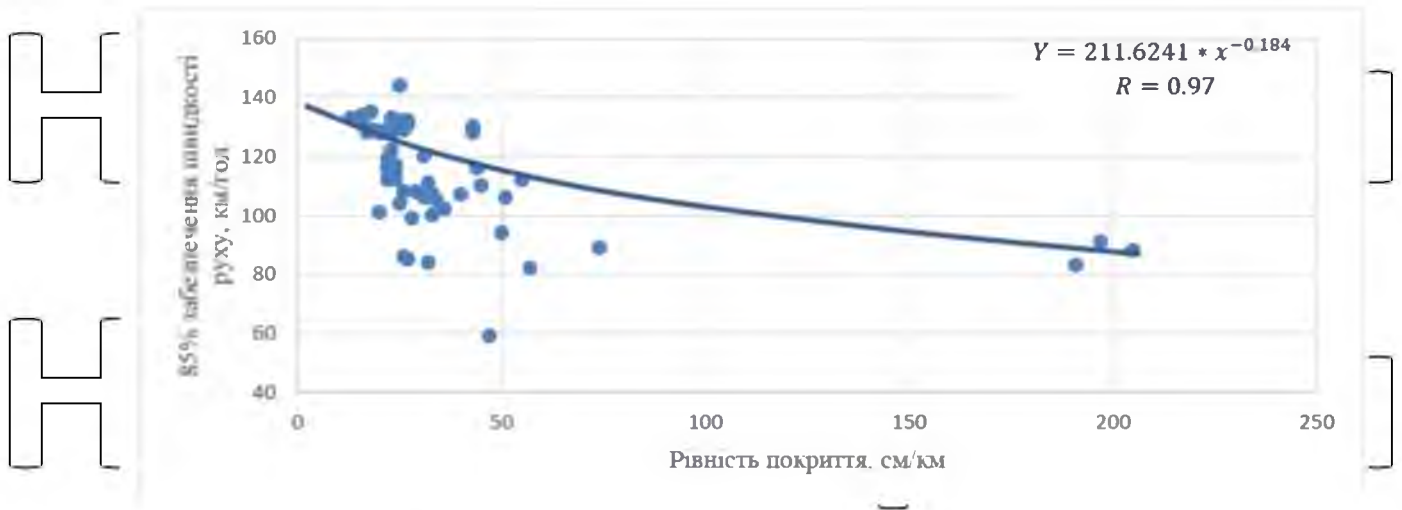


Рис.2.11 Залежність швидкості руху від рівності покриття

Таблиця 2.3

Математичні залежності зміни швидкості руху

Назва фактору	Вид залежності	Рівень кореляції	Помилка апроксимації
Повздожній 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 $Y = 132,406 - \frac{113582,3244}{Y}$	0.98	2,52%
Кількість вантажних автомобілів	Логарифмічна $Y = 13,4168 + 13,1686 \ln x$	0.96	3,02%
Кількість автопоїздів	Логарифмічна $Y = -18,397 + 17,3242 \ln x$	0.97	2,73%
Коефіцієнт зчеплення	Гіперболічна залежність $Y = 195,8033 - \frac{33.8507}{x}$	0.92	3.04

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:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon, \quad (2.5)$$

де y – залежна змінна;

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

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

ε – випадкова величина.

Параметри $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ 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 багатфакторної моделі необхідно оцінити варіювання факторів на двох рівнях.

Формула для розрахунку кількості рівнів має наступний вигляд:

$$N = 2^k, \quad (2.6)$$

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

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 годовних 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 дорожки 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 білих 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 цих відстаней до цих об'єктів [56].



Рис. 2.12 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 траєкторії та інтенсивності руху. На прямих в плані при малій 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 дальності фокуса кристаліка ока. Поле зору обох очей по горизонталі складає приблизно 160° , по вертикалі – біля 115° . Через зміну і різницю типів клітинок на сітківці зменшується здатність ока бачити деталі саме



Рис. 2.13 Схематичне відображення вертикального (а) та горизонтального(б)

поля зору водія

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.

Планувальними рішеннями можна змусити водія до мимовільного зниження швидкості автомобіля навіть в тому випадку, якщо небезпека водіїв 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.

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

допускають використати ці моделі в практичних розрахунках та перейти до встановлення сукупного впливу визначних факторів на величину швидкості руху.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ТА НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ
РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В РІЗНИХ ДОРОЖНІХ УМОВАХ3.1 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 дорogi.

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, найбільш 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 пошуковій 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 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 технологій 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.

НУБІП УКРАЇНИ

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 похибки.

Загалом, наведені тенденції вказують на якісні зміни – підвищення

динамічних характеристик транспортних засобів.

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;

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
Ia	150	100	100	100
Iб	130	90	90	90
II	107	75	90	90
III	90	75	80	80
IV	82	62	63	58

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

$$V_{г.к} = 12,5 \cdot R^a \quad (3.3)$$

Де $V_{г.к}$ – 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	a
Ia	5 000	0,265
Iб	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 $V_{вільна}$.

3.2.1 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]:

$$V_{\text{підйом}} = V_{\text{вільна}} \cdot \frac{0,02^{(25/V_{\text{вільна}})}}{i^{(25/V_{\text{вільна}})}} \quad (3.4)$$

де $V_{\text{підйом}}$ – 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 $V_{\text{вільна}}$.

Умови руху на спускові

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

$$V_{\text{спуск}} = V_{\text{вільна}} \cdot \frac{0,086^{(70/V_{\text{вільна}})}}{i^{(70/V_{\text{вільна}})}} \quad (3.5)$$

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 $V_{\text{вільна}}$.

3.3. 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 (ш. 5 та 6 табл. 2.1), а постанальники 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 ДД «ДерждорНД» [39], частково підтвердили теоретичні та практичні засади, наведені в [27, 57] (табл. 3.3 – 3.6).

Таблиця 3.3

Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги М-07 (II 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 $R = 1025 \text{ м}$	92/88	92/75	92/75	92/90
Міст через р. Здвиж $\Gamma = 10,5 \text{ м}$	98/89	68/70	82/102	82/64
Міст через р. Ірша $\Gamma = 10,2 \text{ м}$	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 3.4

Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги Р-04
(III 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 3.5

Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги Т-10-19
(III 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 3.6

Середні розрахункові та фактичні швидкості для автомобільної дороги М-06 (I-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, труднощі 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 можливі на 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.

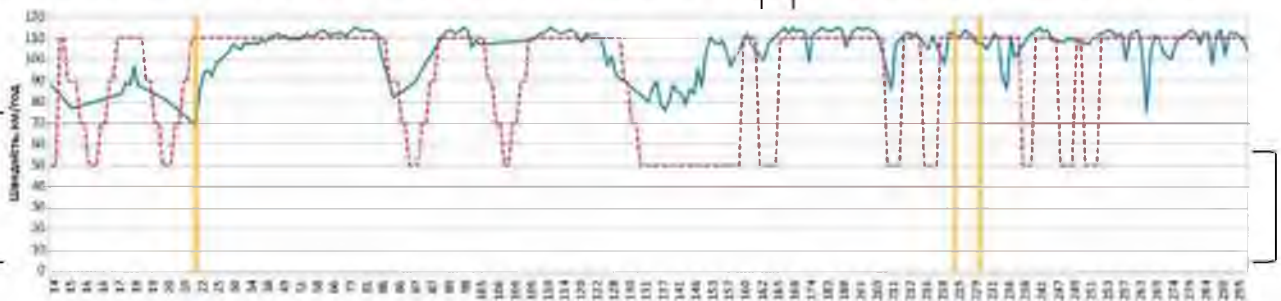
Узагальнення даних здійснюється щоквартально.

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 1 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 виссогірних районах Карпат геометричні параметри дороги не дозволяють (окрім населених пунктів) розганятись понад встановлені обмеження.

Для перевірки достовірності Великих Даних від TomTom було використано Великі дані, які збираються Системою зважування в русі (WIM) на автомобільних дорогах України, починаючи з грудня 2019 року [27].



а)

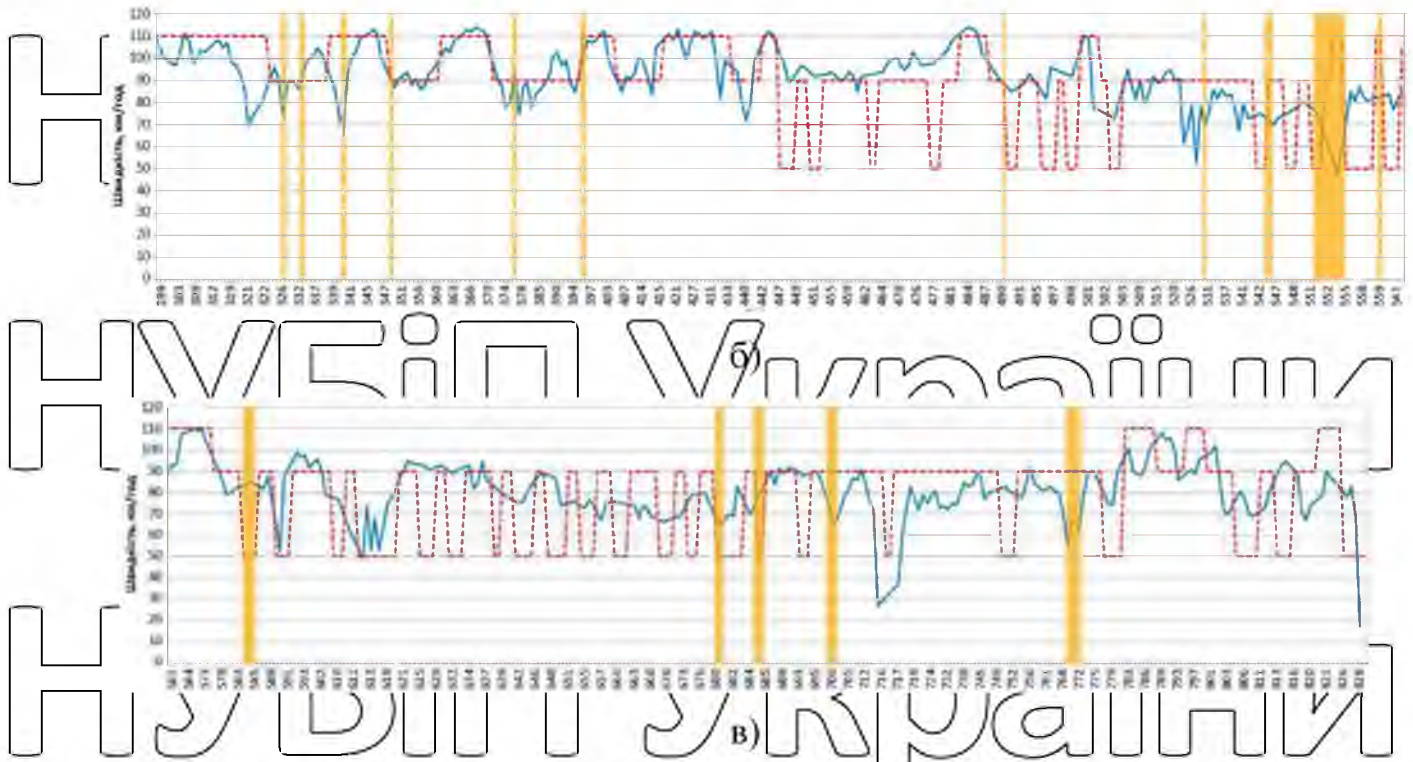


Рис. 3.1 Розподіл швидкостей на а/д М-06 від км 14+080 до км 831+711 (цінаподілки кілометрової шкали залежить від насиченості ключовими точками): *а* – на ділянці від км 14+080 до км 296+000; *б* – на ділянці від км 296+000 до км 561+000; *в* – на ділянці від км 561+000 до км 831+711; — середня швидкість потоку; - - - обмеження швидкості; ■ - ділянки концентрації ДТІ 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 осі до переднього/заднього бампера (звис), загальна маса та навантаження на кожну вісь, смуга та напрям руху, швидкість руху та державний номер [17, 18].

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).



Рис. 3.3 Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 24+130 (WIM1, в бік Кієва)



Рис. 3.4 Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 54+366 (WIM2, в бік Кієва)

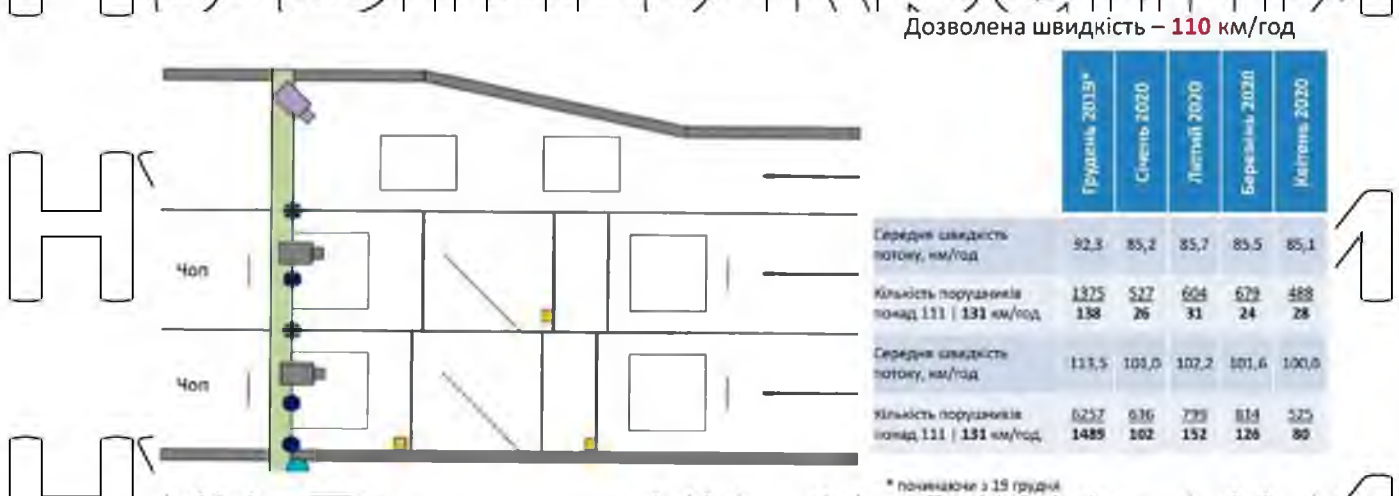


Рис. 3.5 Розподіл швидкостей на а/д М-06 на км 54+336 (WIM2, в бік Чопа)

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 їзджають 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:

$$S_{\text{безп}} = T_{\text{реакції водія}} \cdot V_{\text{безп}} + \frac{K_T \cdot V_{\text{безп}}^2}{2g \cdot (f+i)} + 10 \quad (3.7)$$

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;

$K = 1,4$ – коефіцієнт ефективності гальмування;

$g = 9,81$ – прискорення сили тяжіння, м/с²;

$f = 0,5$ – коефіцієнт подовжнього зчеплення;

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

для спуску зі знаком «-»;

l_0 – величина запасу відстані, м.

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



Рис. 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 несуттєвої (ліворуч, торговельно-обладнання в місці стихійної торгівлі) та суттєвої (праворуч, кулі та дерева) перешкод у смузі відведення автомобільної дороги, які частково та повністю відповідно обмежують видимість на перехресті на відстані $S_{\text{безл}}$ у напрямку руху.

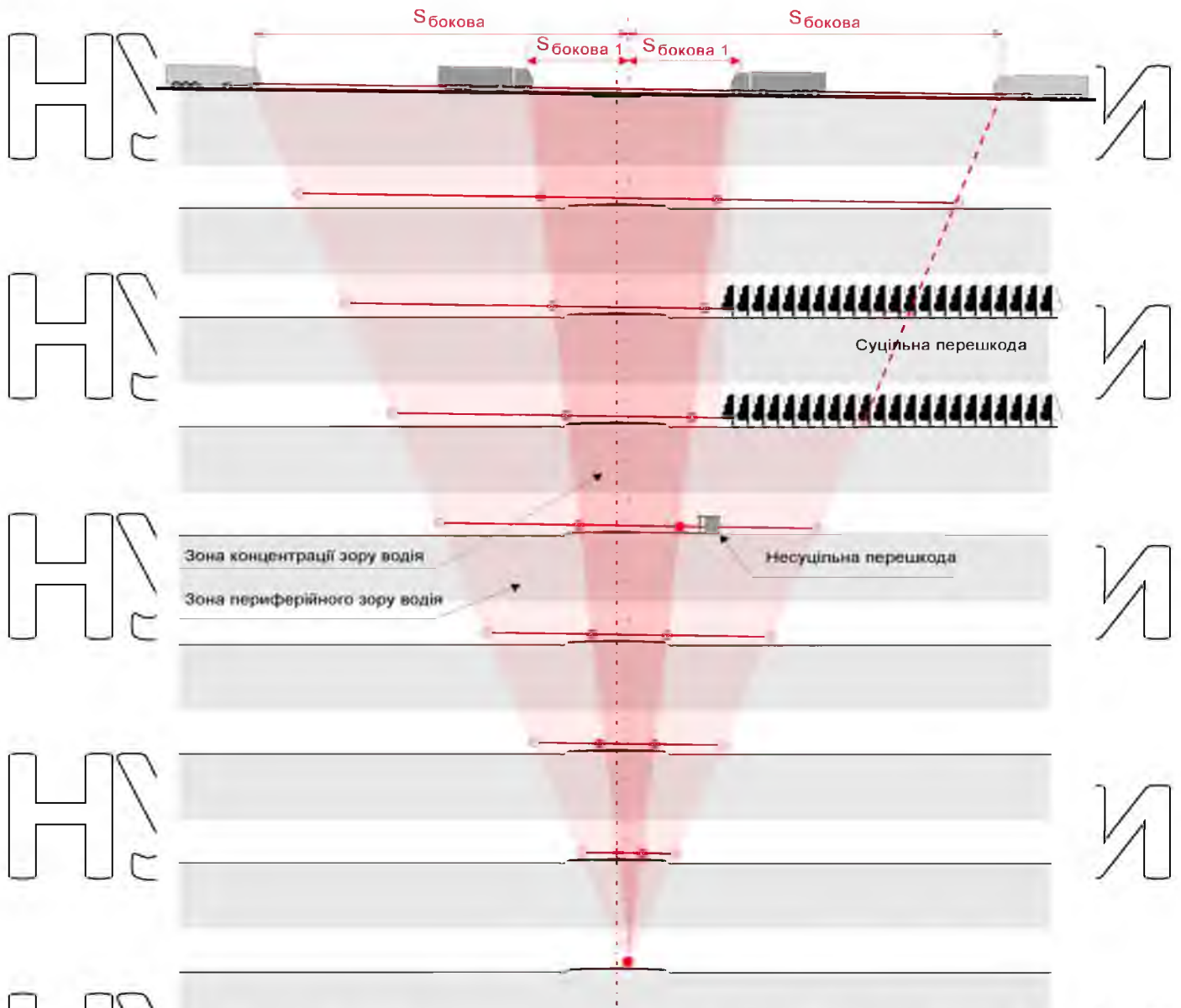


Рис. 3.7 Схема поля концентрації зору водія

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) **В умовах горизонтальної кривої** має забезпечуватись взаємна видимість двох зустрічних автомобілів на відстані двох гальмівних шляхів:

$$S_{\text{безп. вид.}} = S_{\text{безп. 1}} + S_{\text{безп. 2}} \quad (3.8)$$

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

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

Поле зору водія, в межах горизонтальної кривої радіуса R , вважається достатнім, якщо обмежується паралельною горизонтальною кривою довжиною $S_{\text{визн}}$ та радіусом кривої межі видимості R_v :

$$R_v = R \cdot \cos \alpha / 2, \quad (3.9)$$

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

б) В умовах наявності опуклої вертикальної кривої в подовжньому профілі. 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 $S_{\text{безп.1}}$ та $S_{\text{безп.2}}$.

$$H_B - H_{ST} \leq 1,2 \text{ м або } H_B - H_{ST} \quad (3.10)$$

в) В реальних умовах, коли криві в плані суміщаються з вертикальними кривими та похилами, перевірок видимості зустрічного автомобіля окремо в плані та окремо в подовжньому профілі недостатньо (рис.3.8 та 3.9).



Рис. 3.8. Приклад невиявленої закритої видимості на дорозі II категорії при $R=1000$ м, з похилом 7‰



Рис. 3.9 Приклад проєкції точки зору водія на площину поперечного перерізу дороги

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 [42].

Мінімальна сукупність даних, яка здатна описати автомобільну дорогу у будь-якій точці, називається поперечним перерізом (рис. 3.10)

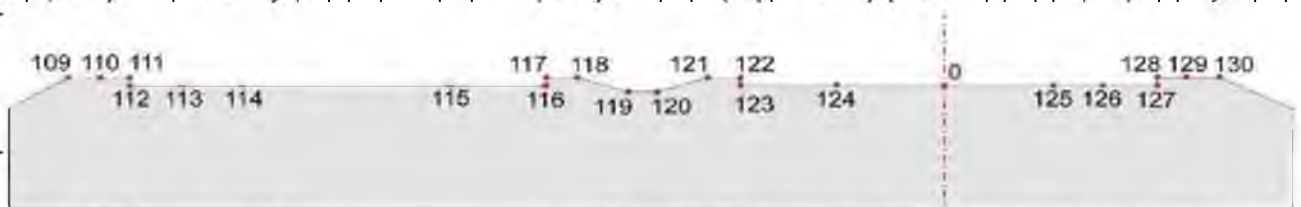


Рис. 3.10 Опорні точки опису поперечних профілів центральної частини дороги

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 форматі 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 [30].

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. 3.11)

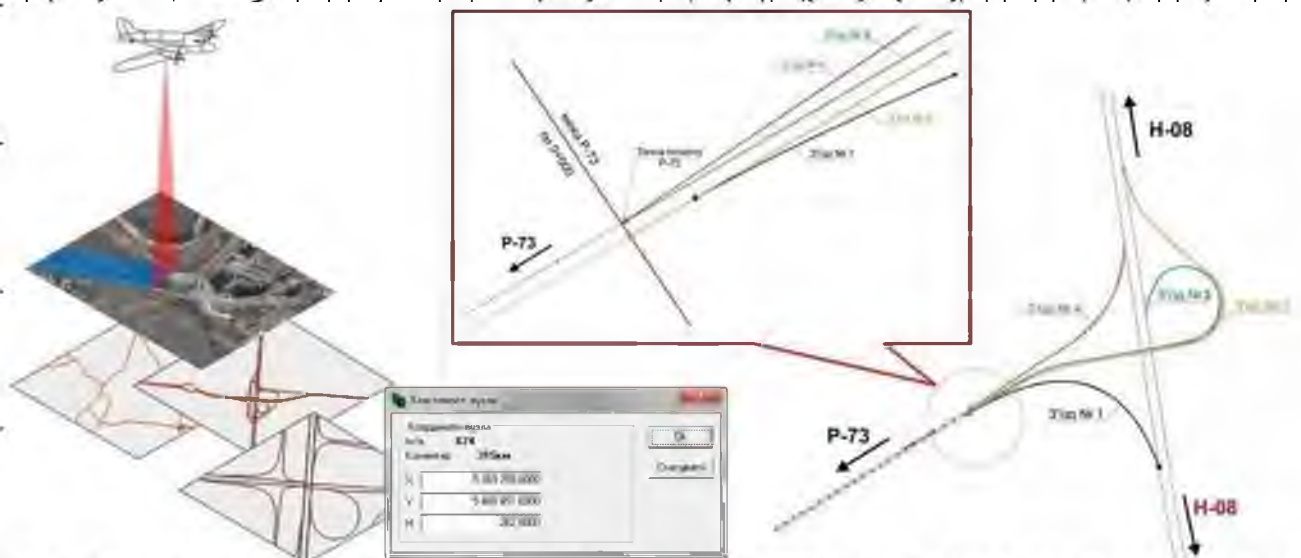


Рис. 3.11 Побудова просторової моделі мережі автомобільних доріг

3.6. 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 ситуацію 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. 23, для моделювання транспортного потоку використовуються наступні довжини 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 довжини транспортних засобів: легковики – 3,6 м, вантажівки – 6,2 м, автопоїзди – 14,4 м та автобуси – 11,9 м.

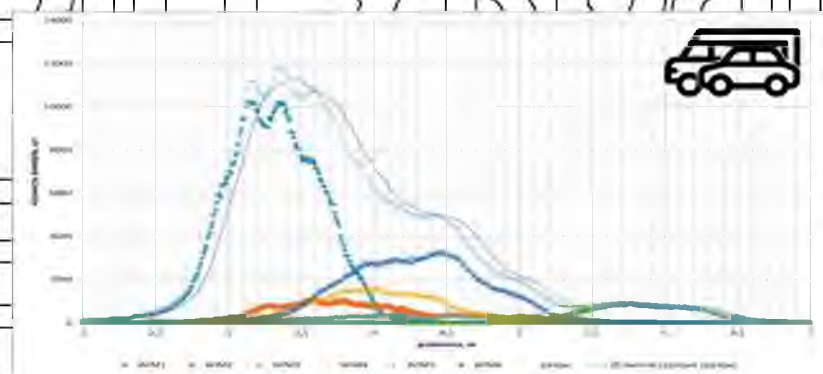


Рис. 3.12 Довжини легкових автомобілів та мікроавтобусів

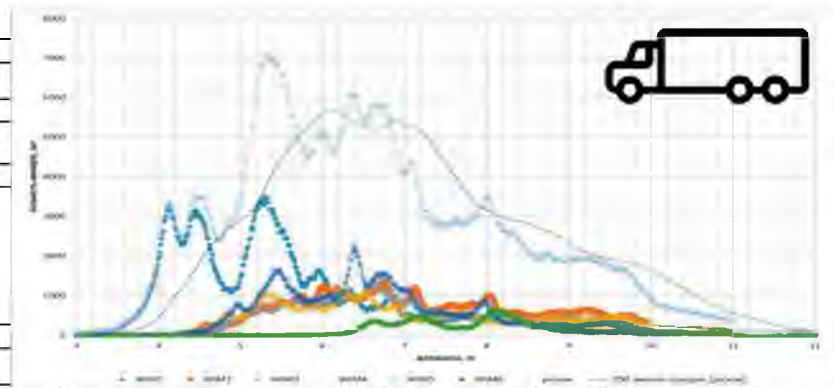


Рис. 3.13 Довжини тривісних вантажних автомобілів

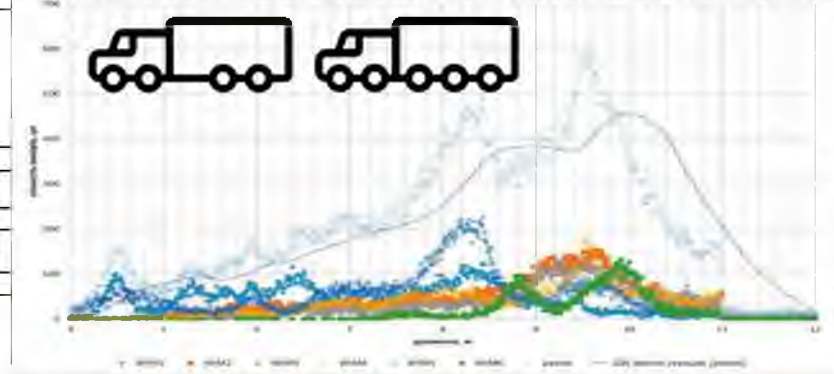


Рис. 3.14 Довжини чотиривісних та п'ятивісних вантажних автомобілів

Висновки до розділу 3

1. Досліджено, що система БАДСІ має динамічний характер функціонування в умовах реального дорожнього руху та сучасної транспортної інфраструктури, тому 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. Визначено, що за допомогою технологій 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.

5. 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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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 ВАДС 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.

Розроблено метод розрахунку просторової видимості на автомобільній дорозі, який дозволяє, зокрема при проведенні аудиту безпеки, встановити межі зон видимості в прямому напрямку руху, видимість зустрічного автомобіля, трикутник видимості на перехресті.

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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. Монографія. – Київ: ДП "ДержавтотрансІДІпроект", 2015. – 400 с. –

(За заг. ред. А.М. Редзюка.).

2 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.

3 Вознюк А. Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки / А.Б. Вознюк. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – 2014. – №14. – С.

142.

4 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>

5 Вознюк А. Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах / А. Б. Вознюк. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – 2014. – №16. – С. 86–99.

6 ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. – 2019.

7 Глезер В. Д. Механізми опознання зрительних образів / В. Д. Глезер. – М.: Наука, 2016. – 201 с.

8 Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія / Н. У. Гюлев. – Х.: ХНАГМ, 2012. – 185 с.

9 Давідч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Харків: ХНАГМ, 2021. – 392 с.

10 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. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://dwg.ru/dnl/3393>.

11 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 «ДерждорНД»). – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=64126.

12 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>

13 митриченко М. Ф. Організація дорожнього руху (Книга 4) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2017. – 452 с. – (Системологія на транспорті).

14 Дмитриченко М. Ф. Основи теорії систем і управління (Книга 1) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2015. – 344 с. – (Системологія на транспорті).

15 Дмитриченко М. Ф. Системологія на транспорті. Ергономіка (Книга V) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2018, 267 с. – (Системологія на транспорті).

16 Дмитриченко М. Ф. Технологія наукових досліджень і технічної творчості (Книга 2) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2017. – 318 с. – (Системологія на транспорті).

17 Додух К. М. Удосконалення методу розрахунку пропускної здатності автомобільних доріг. : дис. канд. техн. наук. 05.22.01 / Додух К. М. – Київ, 2016. – 249 с.

18 ДСТУ 8824:2019 Автомобільні дороги. Визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку. – 2019.

19 ДСТУ 8894:2019 Безпека дорожнього руху. Лінійний аналіз аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах [Електронний ресурс]

20 // 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.

21 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, 2014. – 23 с.

22 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>.

23 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>.

24 Звіт про дослідно-конструкторську роботу за договором від 19.09.2016 №112-16, ДП «ДерждорНДІ»

25 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 «Укрдипродор», 2017.

26 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 «Укрдипродор», 2017.

27 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>

28 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

29 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.

30 М 218-02070915-674:2019 Методика визначення рівня завантаженості та пропускнуої здатності автомобільних доріг [Електронний ресурс] // НТУ. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25990.

31 Моніторинг дорожньо-транспортних пригод на автомобільних дорогах загального користування державного значення України за 2019 рік. // ДП «ДерждорНД». – 2020. – С. 73.

32 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 «ДерждорНД»). – 2017. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75300.

33 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>.

34 Осташевський С. А. Теоретичні 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..

35 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

36 Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук. // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових праць. – 2022. – С. 226–229.

37 Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук, О. Т. Лановий, Т. В. Бондар. // Вісник НТУ. – 2018. – С. 88–99.

38 Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба. – Київ: Знання України, 2014. – 467 с.

39 Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – Київ: Знання України, 2018. – 175 с.

40 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>.

41 Система зважування в русі (WIM) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stat.ukravto.gov.ua>.

42 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

43 СОУ 42.1-37641918-122:2014 Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення. Зміна № 1 [Електронний ресурс]

44 // 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.

45 Стеценко В. І. Моделювання систем / В. І. Стеценко. – Черкаси:

ЧДТУ, 2010. – 399 с.

46 Формальчик Є. Ю. Моделювання транспортних потоків / Є. Ю. Формальчик, В. В. Гілевіч, І. А. Могила. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 216 с.

47 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.

48 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.

49 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>.

50 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-](https://www.toi.no/getfile.php/137993-1201092114/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2007/919-2007/919-2007-sum.pdf)

51 Genealogy of traffic flow models / E. Kessels, S. Hoogendoorn, C. Vuijk, K. Lint. // EURO Journal on Transportation and Logistics. – 2015. – №4. – С. 445-473.

52 Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology / D. Fisher, M. Rizzo, J. Caird, J. Lee. – 2011. – 752 с.

53 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>.

54 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/mateconf/201815003006/>

55 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.

56 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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України