


**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 275 – «Транспортні технології (автомобільний транспорт)»

на тему: «Підвищення безпеки дорожнього руху поліпшенням характеристик транспортного потоку»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПАТ-21дм
Макєєв Є.О.



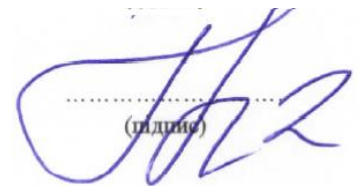
.....
(підпис)

Керівник: доц. Мірошникова М.В.



.....
(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.



.....
(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	5
1.1 Безпека дорожнього руху – найважливіша галузь наукових досліджень в області транспортних систем.....	5
1.2 Аналітичний огляд результатів досліджень у галузі безпеки дорожнього руху.....	6
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	27
2.1 Енергетичні характеристики та безпека дорожнього руху	27
2.2 Системний аналіз безпеки руху у термінах енергетичного підходу	30
2.3 Принцип відносності в задачі аналізу безпеки руху	32
2.4 Необхідний підхід до вирішення задачі по оцінці рівня безпеки руху	36
3. РОЗРОБКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ	40
3.1 Енергетичні характеристики безпеки руху одиночного автомобіля	40
3.2 Енергетичні характеристики безпеки руху транспортного потоку.....	64
3.3 Зв'язок розроблених енергетичних характеристик с існуючими параметрами транспортного потоку.....	84
3.4 Спосіб реєстрації поточного значення кінетичної енергії транспортного потоку	86
ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95

ВСТУП

Актуальність теми. Зростання чисельності автомобільного парку у світі стає усе більш інтенсивним, що, поза всяким сумнівом, відображається на розвитку транспорту України. Автомобілізація країни досягає значних масштабів. У таких умовах поряд з відомими позитивними сторонами цього розвитку серйозним образом виявляються і негативні сторони збільшення числа транспортних засобів, що розкриваються в різкому зниженні рівня безпеки руху й рості аварійності. Рівень соціальних і економічних втрат, зв'язаний з відзначеними процесами, досить великий і безупинно зростає.

Процес формування безпеки дорожнього руху є різнобічним і багатofакторним, що обумовлює таку ж кількість науково-технічних рішень. Складність процесу аналізу чинників, що впливають на рівень безпеки дорожнього руху, насамперед, полягає в наявності якісно різних рівнів матеріальної взаємодії у дорожньому русі, елементами якої є механічні транспортні засоби, люди, елементи дорожніх умов і навколишнього середовища. Тому існуючі науково-технічні розробки в області підвищення рівня безпеки руху транспортних потоків, які не в повній мірі враховують зазначені чинники, вимагають істотної доробки або перегляду основних підходів у їхній реалізації.

Вищезазначене обумовлює актуальність дослідження, спрямованого на розробку й теоретичне обґрунтування нових, більш об'єктивних підходів до рішення проблеми оцінки та прогнозування рівня безпеки дорожнього руху, які базуються в даній роботі на застосуванні енергетичних характеристик транспортного потоку.

Мета і завдання дослідження. Мета - розробка методу аналізу і підвищення рівня безпеки дорожнього руху на підставі енергетичних характеристик транспортного потоку.

Завдання дослідження:

- Обґрунтування енергетичного підходу до аналізу безпеки дорожнього руху.
- Розробка енергетичних характеристик транспортного потоку, а саме: розробка енергетичних характеристик руху одиночного транспортного засобу в

рамках системи АВД і обґрунтування застосування їх до аналізу безпеки дорожнього руху.

Об'єкт дослідження – Об'єктом дослідження є транспортний потік.

Предмет дослідження – Предметом дослідження є характеристики безпеки дорожнього руху.

Дослідницькі прийоми та методи. Дослідження виконувалися на основі методів теорії детермінованих моделей транспортних потоків, теорії відносності механічного руху, закону збереження і перетворення механічної енергії, теорії кінематики й динаміки механічних систем, теорії надійності, теорії транспортних процесів і систем, методів аналізу дорожньо-транспортних пригод.

Наукова новизна отриманих результатів полягає: в розробці й обґрунтуванні нового методу кількісної та якісної оцінки безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик руху транспортного потоку, в якому, на відміну від існуючих методів, безпека руху розглядається як безперервний процес зі змінами у просторі й часі, враховуються не тільки кінематика руху потоку, а й його якісний склад; також у встановленні аналітичної залежності між запропонованими характеристиками і загально відомим коефіцієнтом безпеки руху.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі розроблених енергетичних характеристик транспортного потоку запропоновано методу визначення аварійно-небезпечних ділянок автомобільної дороги та розробки заходів щодо зменшення імовірності виникнення й ступеню тяжкості дорожньо-транспортних пригод.

Апробація результатів дипломної кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, заключення, списку використаних джерел з 60 найменувань на 5 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 99 стор. Робота включає 16 рисунків та 3 таблиць по тексту.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ І БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

1.1 Безпека дорожнього руху – найважливіша галузь наукових досліджень в області транспортних систем

Оцінка ефективності організації дорожнього руху здійснюється в рамках аналізу зменшення аварійності (підвищення безпеки руху) з одного боку, і в рамках оцінки рівномірності руху транспортного потоку з іншого боку, тому в даному розділі, з урахуванням тематики дослідження, будуть проаналізовані існуючі розробки саме в області рівномірності руху транспортного потоку, як характеристик рівня безпеки руху.

Задача забезпечення безпеки руху на автомобільних дорогах світу придбала надзвичайну гостроту [5-8]. Дійсне положення з безпекою руху в багатьох країнах стало загрозливою. По орієнтованих підрахунках у світі щорічно відбувається приблизно 50 мільйонів дорожньо-транспортних пригод (ДТП), у яких гине до 250 тис. чоловік і близько 10 млн. чоловік одержують поранення [7].

В даний час у всіх розвинутих країнах ведуться спеціальні дослідження ДТП, причому роботи стосуються всього комплексу автомобільного транспорту. Не вивчивши причин пригод, не можна організувати науково обґрунтовану й ефективну їхню профілактику, правильно визначити заходи щодо підвищення безпеки руху, як важливішого напрямку вдосконалювання транспортних систем.

Ефективність роботи з попередження ДТП значною мірою визначається тією основою, на якій будується аналіз причин їхнього виникнення та характеру розвитку.

Об'єктивність, точність і повнота вихідних даних про ДТП відіграють вирішальну роль в одержанні достовірних показників, що відбивають вплив на аварійність того або іншого фактора.

На підставі отриманих результатів аналізу ДТП створюється комплекс

заходів спрямований на ліквідацію причин, що найбільш зустрічаються [9-10].

Заходи, які пропонуються зв'язані, насамперед:

- з конструктивними параметрами автомобіля в області активної і пасивної безпеки [11];
- з геометричними і фізичними характеристиками дорожнього покриття в області забезпечення планом і подовжнім профілем дороги безперешкодного руху потоку автомобілів розрахункової інтенсивності з заданою швидкістю, з регулярним переглядом вимог безпеки при їхньому проектуванні і будівництві [12-16];
- з рівнем професійної майстерності водіїв в області удосконалювання навчального процесу водінню автомобіля, правилам дорожнього руху і застосуванням їх на практиці [17-20];
- з організацією руху в області розробки принципово нових технічних засобів, методів керування рухом [21-28].

Поряд з цим розробляються системи, що дозволяють цілком автоматизувати управління рухом [29-31].

Усі зазначені моменти розкривають безсумнівну важливість даної області наукових знань. Збереження людського життя не може зрівнятися з жодним економічним ефектом. Однак це не ліквідує необхідність пошуку найбільш оптимального рішення сформульованої проблеми.

Рішення питання підвищення безпеки руху можливо тільки при застосуванні об'єктивних оціночних показників, на підставі інформації про які, приймаються і формуються відповідні керуючі впливи на ділянках транспортних систем.

1.2 Аналітичний огляд результатів досліджень у галузі безпеки дорожнього руху

1.2.1 Аналіз характеристик рівномірності руху

Перший, найбільш застосовний на практиці показник рівномірності і

безпеки руху транспортного потоку, запропонував Гриншилдс ще в 1955 році [32]. Даний показник якості руху він назвав "шум прискорення". Термін "шум" був уведений Гриншилдсом у зв'язку зі спільністю характеру нового параметра із шумом радіосигналів. При виведенні аналітичного вираження, що описує "шум прискорення", в основу був покладений той факт, що загальна швидкість руху визначає тривалість поїздки, тобто швидкість пропорційна якості руху.

Даний показник визначається наступним чином [32]:

$$Q = \frac{A \cdot V}{\Delta V} \sqrt{n}, \quad (1.1)$$

де Q - показник якості руху;

A - константа співвідношення аналізованих параметрів;

V - середня швидкість, км/год;

ΔV - сума відхилень від середньої швидкості на 1 км шляху, км/год;

n - число змін швидкості на 1 км шляху.

Даний показник, відповідно до рівняння (1.1), тільки однобічним образом, з кількісної точки зору, описує характер зміни швидкості автомобілів. Відбити якісні зміни в умовах руху транспортного потоку в даному випадку принципово не можливо, тому що зазначений параметр якістю не оперує. Наприклад:

- рух одиночного автомобіля по визначеній ділянці дороги – одна якісна система, для неї потрібно свій показник якості руху;
- рух декількох автомобілів по визначеній ділянці дороги – якісно інша система з іншими зв'язками стосовно першого, для даної системи потрібно якісно новий показник;
- рух максимального числа автомобілів по визначеній ділянці дороги – стан затору, якісно нова система з визначеними показниками умов руху.

В усіх перерахованих випадках можлива наявність однакових значень

показника (1.1), а якість руху принципово різна. У зв'язку з цим об'єктивний аналіз безпеки руху однозначно не можливий.

У своїх роботах Платт відзначав [33], що перешкоди з боку інших автомобілів і засобів регулювання руху відволікають водія більше, у порівнянні з іншими подразниками, оскільки він змушений робити зупинки. Він же установив, що комфортабельність роботи водія і зусилля, яке прикладаються їм, не знаходяться в лінійній залежності від швидкості, а змінюються як складні функції. З цих причин Платт включив у показник якості, виведений Гриншилдсом, ще два параметри. У числі обумовлених додаткових показників були інтенсивність зміни швидкості, частота скидання газу, частота включення передачі і частота гальмування.

В принципі введені уточнення збільшили чутливість показника, але не дозволили відбивати якісні зміни, тобто проводити об'єктивний аналіз системи.

Комісія з оцінки пропускнуої здатності доріг при управлінні дорожніх досліджень США запропонувала взяти за основу шість рівнів обслуговування на базі показників Гриншилдса і Платта. Фундаментальна крива, що показує залежність між швидкістю й інтенсивністю руху, довільно поділялася на шість рівнів обслуговування в залежності від величини інтенсивності і вільності маневру.

Показники, що розробили Гриншилдс і Платт в області кількісного аналізу визначеного якісного стану транспортної системи, являють собою досить ефективний засіб по оцінці умов руху на великих ділянках магістралі.

Однак було також експериментально встановлено, що зміна геометричних характеристик дороги супроводжується зміною оптимальної швидкості, інтенсивності і щільності руху на послідовних коротких відрізках шляху.

Для того, щоб параметр відбивав якісну ефективність, необхідно мати зв'язок даного показника з зазначеними кількісними параметрами дорожнього покриття. При цьому параметр повинен відбивати не тільки інженерну оцінку рівня обслуговування, але і, що більш важливо, враховувати умови роботи

водія.

Розкритий раніше ряд недоліків привів до подальшого розвитку досліджень у цій області.

Коефіцієнт безпеки руху.

Коефіцієнт безпеки був запропонований Бабковим В.Ф. [6]. Теоретичне обґрунтування введення даного коефіцієнта було визначено в наступним чином.

Аналіз дорожньо-транспортних пригод на якій-небудь дорозі показував, що поряд з пригодами, більш-менш рівномірно розподіленими по її довжині, значна частина їх концентрується на порівняно коротких ділянках, що також відзначалося в [34-36].

Звичайно при проїзді по цих ділянках від водія потрібна підвищена уважність. Виходячи з дорожніх умов, ситуації, прилягаючої місцевості й обстановки руху на цих ділянках припустимий рух тільки з обмеженою швидкістю. У той же час дорожні умови на попередніх ділянках не обмежують швидкості.

Недосвідчений або необачний водій, що їде, не зважаючи на особливості розташованих перед ним ділянок дороги, може розвинути швидкість, набагато більшу, ніж допускає наступна ділянка. Зіштовхуючись з необхідністю різкого зниження швидкості й ускладненням процесу управління автомобілем, він піддається небезпеці потрапити в аварійну ситуацію.

Аналогічне становище може створюватися й у втомлених водіїв, тривалість реакції яких збільшується [37-39]. Характерно, що небезпечним є й момент виїзду з ділянки, на якій було потрібно зниження швидкості, у зв'язку з виникаючими обгонами, повільно рухаючих автомобілів більш швидкими, що викликає небезпеку зіткнення з зустрічним транспортом [37].

У таких умовах за критерій безпеки руху було прийняте відношення припустимої швидкості руху автомобілів по небезпечній ділянці до швидкості, що розвивається наприкінці попередньої ділянки, названий автором коефіцієнтом безпеки [6], рис. 1.1.

Аналітично коефіцієнт безпеки розраховується в такий спосіб [6]:

$$K_{\text{без}} = \frac{V}{V_{\text{вх}}}, \quad (1.2)$$

де $K_{\text{без}}$ - коефіцієнт безпеки руху;

V - швидкість на ділянці;

$V_{\text{вх}}$ - швидкість в'їзду автомобіля на ділянку зі швидкістю V .

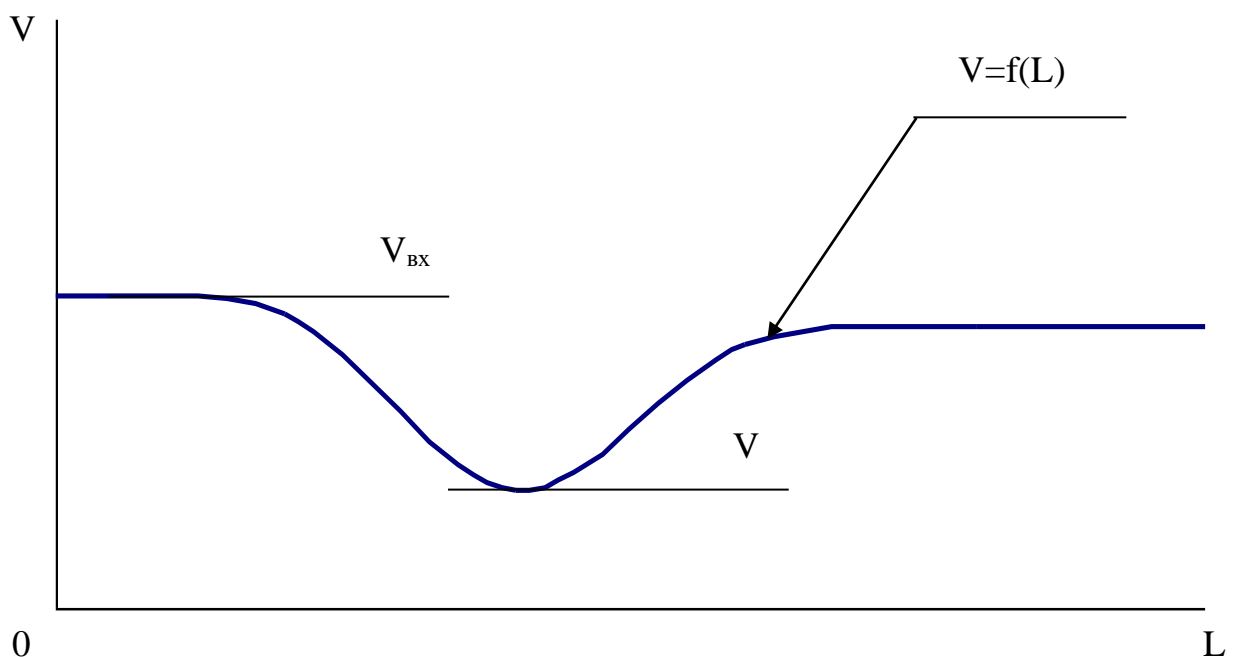


Рис. 1.1. Розрахункова схема коефіцієнта безпеки.

Припустимо значення коефіцієнта безпеки, звичайно, залежить від швидкості руху. Ступінь небезпеки при перепадах швидкостей з 30 до 15 км/год та з 100 до 50 км/год, які характеризуються рівними значеннями коефіцієнтів безпеки 0,5, неоднакова в зв'язку з розходженням у довжині гальмових шляхів.

Зазначена умова розкриває односторонній аналіз процесу руху даним коефіцієнтом навіть у межах кінематичної дискретної моделі потоку, при цьому про об'єктивне відображення системи транспортного потоку говорити дуже

важко. Тому припустимі значення коефіцієнта безпеки були віднесені до середніх сучасних умов руху по дорогах, коли швидкість в'їзду близька до швидкості руху на необмежених ділянках доріг.

Більш об'єктивним показником режиму зміни швидкостей і який тільки дозволяє врахувати відстань, на якій вона відбувається, є інтенсивність зміни швидкості [6] — від'ємне прискорення при гальмуванні під час в'їзду на небезпечну ділянку. Однак застосування цього показника при аналізі умов безпеки руху ускладнює аналіз, не вносячи істотних уточнень в зв'язку з імовірнісним характером розподілу швидкостей автомобілів у транспортних потоках.

Докладне застосування коефіцієнта безпеки на практиці буде розглянуто нижче.

Шум швидкості.

Шум швидкості - середнє квадратичне відхилення швидкості автомобілів у потоці. Як окремий параметр рівномірності руху транспортних потоків шум швидкості не застосовувався, тому що мав менше позитивних якостей на відміну від розглянутих раніше.

Однак, як розрахункова величина, він був застосований в області технічних засобів організації дорожнього руху при визначенні розрахункової швидкості координації.

Методика визначення розрахункової швидкості координації виходить з того, що швидкість руху на перегонах магістралі описується нормальним законом розподілу ймовірностей [40-44]. При цьому щільність розподілу швидкостей окремих транспортних засобів виступає у виді функції двох параметрів і записується у виді [40]:

$$f(V) = \frac{1}{\sigma_V \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(V - \bar{V})^2}{2\sigma_V^2}}, \quad (1.3)$$

де \bar{V} - середня швидкість транспортного потоку, м/с;

σ_V - середнє квадратичне відхилення швидкостей окремих автомобілів, м/с²; має назву - шум швидкості:

$$\sigma_V = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_i - V_{cp})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1.4)$$

де n - число автомобілів;

V_i - значення швидкостей автомобілів, м/с;

V_{cp} - середнє арифметичне значення зміни швидкості, м/с.

При цьому функція розподілу ймовірностей швидкості окремих автомобілів $F(V)$ буде визначатися в такий спосіб [40]:

$$F(V) = \int_{\bar{V}-3\sigma}^{\bar{V}+3\sigma} f(V) dV. \quad (1.5)$$

Таким чином, реально шум швидкості, як параметр якості руху транспортного потоку, не використовується, він існує в теорії транспортних потоків у виді математичної величини, що характеризує функцію розподілу ймовірностей швидкості окремих автомобілів. Можливість застосування його безпосередньо для аналізу рівномірності руху транспортного потоку і як наслідок для оцінки рівня безпеки руху – аналогічна розглянутим показникам якості руху.

Шум прискорення.

Найбільш широко, у порівнянні з попередніми показниками, для оцінки рівномірності руху транспортних потоків застосовується середнє квадратичне відхилення прискорень автомобілів від середнього прискорення по потоку. Зазначений параметр має назву "шум прискорення".

Математичний запис вираження для шуму прискорення був запропонований в інтегральній формі, що має такий вигляд [45]:

$$\sigma_a = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_i^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1.6)$$

де T – загальний час руху по досліджуваній ділянці, с;

a_i - миттєві значення прискорення м/с²;

dt - проміжок часу, прийнятий для фіксації прискорення при аналізі безперервного запису швидкості руху автомобіля в потоці, с.

Функція $a_i=f(t)$ має нелінійний характер і приблизно виглядає як синусоїда з визначеними фазовими й амплітудними змінами. Графік даної функції приведений на рис. 1.2.

Як показали дослідження закордонних учених, приведений вище показник, може бути прийнятий за параметр якості руху транспортного потоку. На це вказують дві причини.

По-перше, цей показник зв'язаний із трьома основними елементами транспортного потоку, як водій, дорога й умови руху.

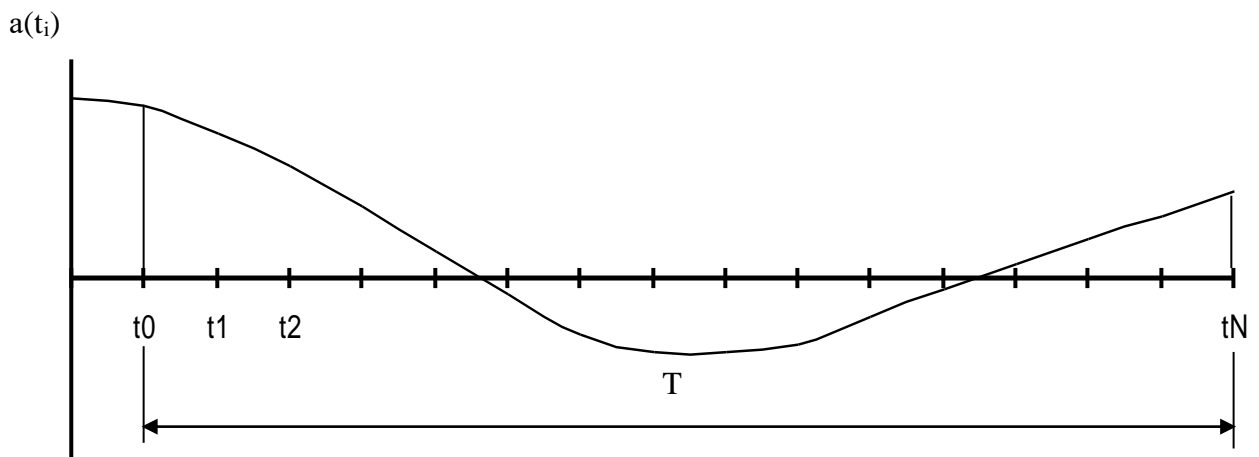


Рис. 1.2. Графік зміни прискорення в часі

По-друге, цей параметр, по своїй суті відбиває рівномірність руху.

Шум прискорення змінюється в залежності від величини і частоти збільшення або зниження швидкості автомобілів. Чим більш різкими і більш частими є маневри автомобіля, тим більш великі значення здобуває шум.

Оскільки різке гальмування є наслідком небезпечних ситуацій і впливає на шум прискорення, то цей параметр також певним чином характеризує потенційно небезпечні умови руху.

Одним з найбільш важливих елементів, що впливають на характеристики руху автомобіля і як наслідок на транспортний потік у цілому, є водій [46]. Шум прискорення, на відміну від попередніх показників, уже певним чином дозволяє оцінити поведінку різних водіїв з погляду можливості виникнення потенційно небезпечних ситуацій. Оскільки даний параметр залежить від збільшення або зменшення швидкості руху, то необережний водій, що намагається їхати зі швидкістю, яка перевищує швидкість потоку, буде різко й, напевно, часто збільшувати і знижувати швидкість, тому даний автомобіль буде випробовувати значно більший шум прискорення, чим автомобіль, водія якого влаштовують існуючі умови руху.

Другим важливим елементом, що впливає на величину шуму прискорення, є дорожні умови. Шум прискорення, що спостерігається при відсутності руху транспорту, прийнято називати природним шумом, властивим даній дорозі [45]. Відповідно до результатів досліджень закордонних учених, прийнято вважати, що шум прискорення одиночного автомобіля, що присутній на деякій дорозі, дорівнює природному шумові на ідеальній дорозі, помноженому на деякий коефіцієнт. Поява цього коефіцієнта в основному зв'язувалася з геометричними характеристиками дороги [45].

Третім фактором, що впливає на величину шуму прискорення, є транспортне перевантаження [45].

Результати попередніх досліджень приміських доріг показували, що при збільшенні перевантажень шум зростає внаслідок більш високих інтенсивностей руху і наявності автомобілів, що стоять на узбіччях доріг. Перевищення шуму прискорення над природним шумом, характерним для даної дороги, по суті обумовлено умовами руху [45].

Хоча для оцінки перевантаження використовуються такі показники, як

тривалість зупинок або час чекання, ці показники не завжди дозволяють одержати задовільну оцінку сформованої ситуації.

Для шуму прискорення Д. Дрю пропонує наступну формулу [45]:

$$\sigma = \left[\frac{(1,465)^2 (\Delta V)}{T} \sum_{i=0}^T \frac{1}{\Delta t_i} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1.7)$$

де σ - шум прискорення, фут/с²;

ΔV - зміна швидкості за час Δt , фут/с;

T - тривалість поїздки автомобіля, с;

Δt_i - постійні проміжки часу, с.

До недоліків параметра можна віднести:

- не чуттєвий до наявності повних перерв руху;
- має точність значень більш низку, чим розглянуті раніше показники (тому що величина ΔV має, за інших рівних умов, індивідуальну для кожного значення, частіше на порядок більшу, погрішність, стосовно абсолютного значення швидкості);
- складний у практичних вимірах і розрахунках;
- об'єктивно не відбиває якісні зміни в транспортному потоці, бо не враховує хоча б щільності та інтенсивності руху.

Таким чином, шум прискорення є найбільш інформативною кількісною характеристикою визначеного якісного стану транспортної системи, з розглянутих раніше параметрів. Однак, співвідношення ступеня інформативності і точності даного показника змушує відноситися з обережністю до результатів досліджень з його допомогою.

Градiєнт швидкості.

Для більш повної оцінки якості руху транспортного потоку, у порівнянні

із шумом прискорення, був уведений показник коливань швидкості - градієнт швидкості [47]. Градієнт швидкості - це відношення шуму прискорення до швидкості сполучення протягом досліджуваної ділянки дороги.

Даний параметр визначається по формулі [47]:

$$G_v = \frac{\sigma_a}{V_c}, \quad (1.8)$$

де G_v - градієнт швидкості;

σ_a - шум прискорення;

V_c - швидкість сполучення на досліджуваній ділянці дороги.

На відміну від інших, даний показник за допомогою швидкості сполучення враховує затримки транспортного потоку.

Проведені дослідження в МАДІ показали, що на магістралі з регульованим рухом при кроці обробки запису швидкісного режиму 1 км/год, а інтервал часу 1 с з довжиною перегону 500-600 м - градієнт швидкості при високій щільності потоків досягає 0,2 с⁻¹. Що свідчило про велику нестабільність швидкісного режиму. При ефективній координації світлофорного регулювання показник коливання швидкості не перевищує 0,1 с⁻¹ [47].

Реєструюча апаратура, яка установлена на ходовій лабораторії, дозволяє за допомогою мікропроцесорної техніки обчислити автоматично по спеціальній програмі шум прискорення, швидкість сполучення і градієнт швидкості.

По своїй природі даний показник зосередив у собі всі недоліки шуму прискорення і швидкості сполучення, а процес ділення даних величин знеособив результат.

З фізичної точки зору градієнт швидкості має невизначену природу з одиницею виміру с⁻¹, отже, за значеннями даного параметра не можливо, не те, що якісно, хоча б кількісно відстежити конкретні, об'єктивні зміни в

транспортній системі щодо безпеки руху.

Шум енергії.

Останнім часом, частіше для якісної організації системи “Автомобіль-Водій-Дорога”, використовують “енергетичні” критерії ефективності, що в основному оперують з кінетичною енергією - K (без обліку маси), руху автомобілів по досліджуваній ділянці транспортної мережі [45-48].

Значення кінетичної енергії загально відоме. Абсолютне її значення використовують при визначенні пропускної здатності і ступеня завантаження магістралі, для характеристики умов руху транспортного потоку застосовують величину зміни енергії.

Для визначення цієї зміни диференціюють рівняння кінетичної енергії за часом, з урахуванням сталості маси [48]

$$\frac{dK}{dt} = m \cdot V \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot V \cdot a, \quad (1.9)$$

де V і a - відповідно, швидкість і прискорення автомобіля в момент часу t ;

m - маса автомобіля.

Оскільки маса автомобіля за проміжок часу dt залишається незмінною, то зміна енергії пропорційна добуткові миттєвої швидкості на прискорення в цей момент часу [48]

$$\Delta K \approx V \cdot a. \quad (1.10)$$

На підставі цих співвідношень був уведений критерій, названий “шумом кінетичної енергії” σ_k . Математично “шум енергії” виражався як середнє квадратичне відхилення зміни кінетичної енергії автомобіля на певній ділянці

дороги без урахування маси [48]

$$\sigma_k = \left[\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (a_i V_i - (aV)_{cp})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1.11)$$

де n - число значень швидкості і прискорення;

$(aV)_{cp}$ - середнє арифметичне значення зміни енергії на даній ділянці

дороги;

$a_i V_i$ - миттєве значення зміни кінетичної енергії.

Експериментальні дані про рух транспортних потоків на міських вулицях, отримані в [48], були застосовані при вивченні можливості використання шуму енергії для оцінки якості і безпеки руху на практиці.

Відповідно результатам [48], величина зміни “енергії” у швидкісному інтервалі 25-60 км/год, тобто при нормальних експлуатаційних режимах на міських магістралях, має відносно слабку залежність зі швидкістю, рис. 1.3.

Залежності визначалися для випадків прискореного (крива $K1=f(V)$) і уповільненого (крива $K2=f(V)$) руху. Їхньої функції мають вигляд [48]:

$$K1 = -0,075 + 0,161 \cdot V - 0,0015 \cdot V^2, \quad (1.12)$$

$$K2 = -0,345 - 0,205 \cdot V + 0,0025 \cdot V^2. \quad (1.13)$$

Величина σ_k визначається квадратом відхилень миттєвих значень зміни енергії від середнього значення. Зміна шуму “енергії” може відбуватися як через відхилення поточного значення зміни “енергії” від середнього, так і внаслідок зменшення або збільшення абсолютного розміру середнього значення [48].

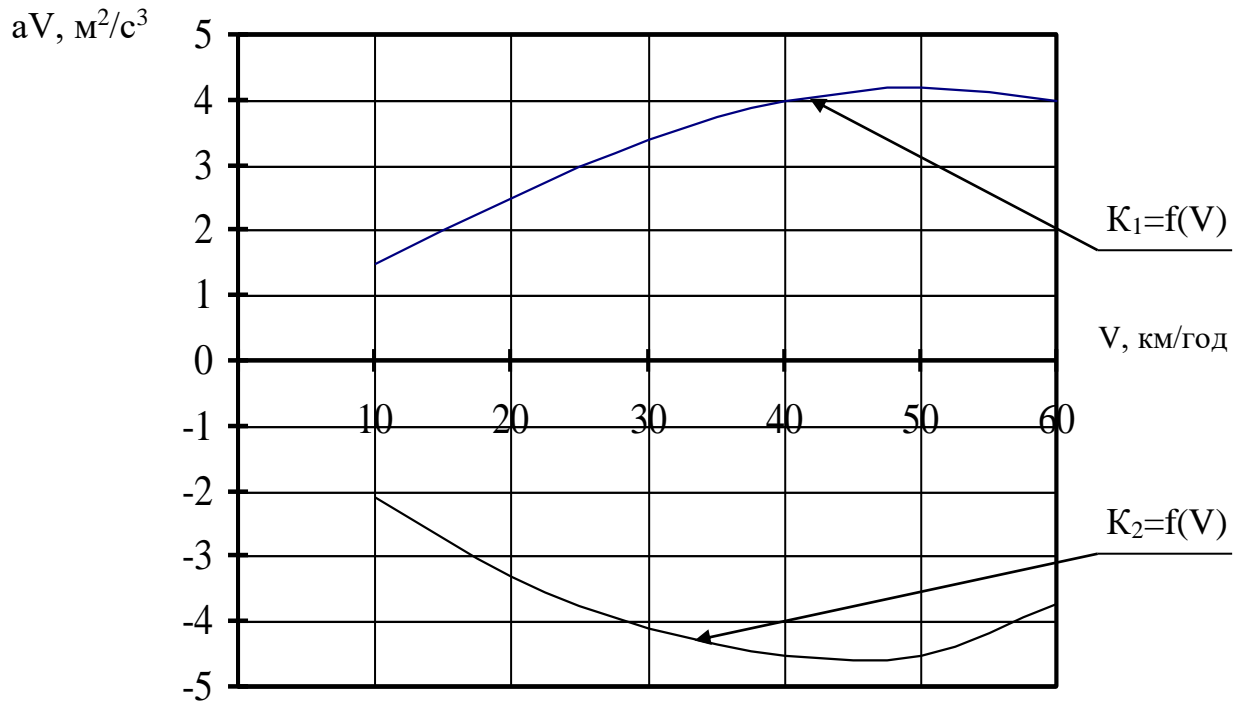


Рис. 1.3. Залежність зміни “енергії” від швидкості руху автомобіля.

У швидкісному інтервалі, прийнятому в [48], параметр $(aV)_{cp}$ змінюється на практиці незначним чином, тому передбачалося, що значення шуму енергії визначається головним чином розміром і частотою відхилень поточного значення від середнього, тобто нерівномірністю руху.

Ця пропозиція підтвердилася при обробці експериментальних даних про рух групи автомобілів із середніми швидкостями, від 8 до 58,5 км/ч. У цьому діапазоні не удалася установити кореляційного зв'язку між шумом енергії і середньою швидкістю руху. Проте, для тієї ж групи автомобілів була знайдена залежність між шумом енергії і нормальним відхиленням швидкості руху автомобіля від середньої швидкості потоку [48]:

$$V_n = \frac{V_{i,cp} - V_{cp,p}}{|\Delta V_{max}|}, \quad (1.14)$$

де V_n – нормальне відхилення середньої швидкості руху автомобіля від

середньої швидкості потоку;

$V_{i,ср}$ - середня швидкість руху i -го автомобіля;

$V_{ср,п}$ - середня швидкість потоку;

ΔV_{max} - максимальне відхилення середньої швидкості n -го автомобіля від швидкості потоку.

Залежність σ_k від V_n представлена на рис. 1.4 [48].

По отриманим даним, що зображені на графіку, були виведені аналітичні залежності [48], що характеризують лінії G_1 і G_2 :

- при радіусі колеса 0,723 м $\sigma_{k2} = 2,93 + 2,27 \cdot V_n$; (1.15)

- при радіусі колеса 0,445 м. $\sigma_{k1} = 3,13 - 0,447 \cdot V_n - 2,297 \cdot V_n^2$ (1.16)

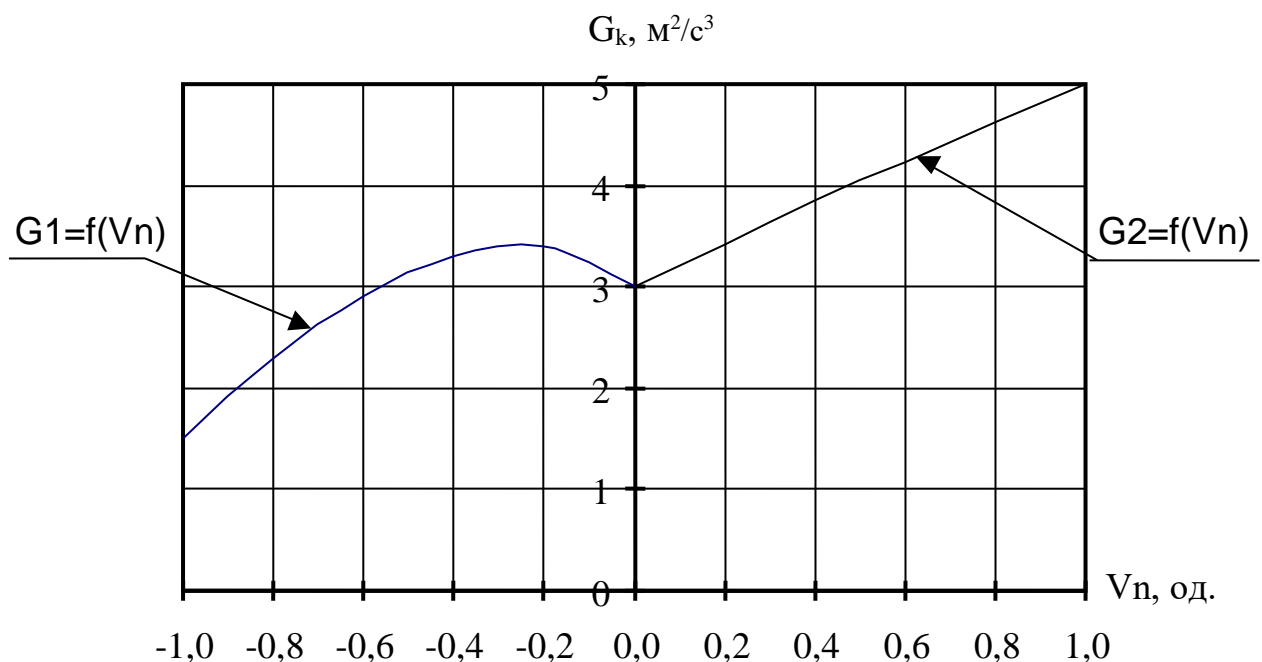


Рис. 1.4. Залежність шуму “кінетичної енергії” від нормального відхилення швидкості руху автомобіля по швидкості потоку.

Разом з тим, графіки рисунків 1.3 і 1.4 показали, що при невеликих швидкостях руху “шум енергії” знижується, і в зв'язку з цим виникають

практичні труднощі при оцінці реальних умов руху. Однак це справедливо тільки для безперервного руху.

Необхідно відзначити, що залежності (1.15) і (1.16) не досить математично коректні, тому що σ_k - середньоквадратична величина, а V_n - нормальне відхилення від середнього значення величини. З погляду статистики вони несумісні по своїй природі. Унаслідок цієї несумісності зазначені вище вираження досить умовні і не повно розкривають природу явища.

Додатково проведені дослідження в області “шуму енергії” у роботах Д. Дрю [45] і Сильянова В.В. [49].

Дрю [39] називає шум прискорення внутрішньою енергією транспортного потоку. На підставі проведених досліджень він одержує залежність для загальної енергії транспортного потоку:

$$T = \sigma_{\max} , \quad (1.17)$$

де T - загальна енергія транспортного потоку;

σ_{\max} - максимальний шум прискорення.

Фактично, не використовуючи поняття шуму енергії, описується загальна енергія транспортного потоку (її зміна) за допомогою шуму прискорення. Усе це змусило зробити висновок, що “шум енергії” дорівнює максимальному шумові прискорення транспортного потоку.

Сильянов у своїх роботах [49] енергію транспортного потоку виражає цілком через поточні і максимальні значення: шуму прискорення, щільності і швидкості руху. Дані результати свідчать про аналогічний підхід, розглянутому вище, до рішення питання про зміну енергії транспортного потоку.

У підсумку слід зазначити, що енергетичний параметр “шум енергії” був введений в аналіз транспортних систем і розроблений цілком формальним методом. Усі його можливості, зв'язані з законом збереження енергії були зігноровані, тому що спочатку постановка задачі була виконана в умовах імовірнісної кінематичної моделі, а не детермінованої енергетичної.

Градiєнт енергiї. Градiєнтом енергiї прийнято називати - вiдношення шуму енергiї транспортного потоку до швидкостi сполучення [48].

Градiєнт енергiї визначається по формулi:

$$G_E = \frac{\sigma_e}{V_c}, \quad (1.18)$$

G_E - градiєнт енергiї;

σ_e - "шум енергiї";

V_c - швидкiсть сполучення.

Приведений критерiй дозволяє певним чином оцiнювати затримки транспортного потоку, тому що враховує швидкiсть сполучення.

У [48] викладенi дослiдницькi данi про швидкостi проходження автомобiля по дiлянцi дороги довжиною близько 250 м, але при рiзних режимах руху. Градiєнт енергiї склав:

- при русi автомобiля без зупинок - 0,276 м/с²;
- при русi автомобiля з зупинками на 4 с - 0,691 м/с²;
- при русi автомобiля з зупинками на 18 с - 0,782 м/с².

Використовуючи даний параметр, у [48] було отримане рiвняння, що описує спiввiдношення мiж градiєнтом енергiї i швидкiстю на визначенiй дiлянцi магістралi при високому коефiцiєнті кореляцiї 0,746:

$$G_e = 1,466 - 0,052 \cdot V + 0,00057 \cdot V^2. \quad (1.19)$$

Дане рiвняння має мiнiмум в областi швидкостi 45,7 км/год [48], тобто градiєнт енергiї для визначених дiлянок дорiг може здобувати оптимальне значення.

Експериментальнi дослiдження, проведенi д.т.н. В.В. Зиряновим [47], показали, що найбільш важливий вплив на градiєнт енергiї оказують тривалiсть

затримок і нерівномірність руху. Ступінь взаємозв'язку цих факторів із градієнтом енергії приблизно однакова.

Розглянутий параметр несе в собі всі недоліки, що були відзначені по “шуму енергії”, а також ті що є у значенні швидкості сполучення.

Таким чином, виконані огляд і аналіз існуючих параметрів нерівномірності і безпеки руху транспортних потоків. Далі визначимо, що виконано на сьогоднішній день в області аналізу безпеки дорожнього руху за допомогою розглянутих показників. Аналіз безпеки дорожнього руху шумом прискорення. Прискорення автомобіля можна вимірювати безпосередньо за допомогою деселерометру, або приблизно оцінювати за графіком залежності швидкості від часу. Розподіл прискорень автомобіля, що зберігає протягом поїздки майже рівномірну швидкість, показано на рис. 1.6.

При більш значних відхиленнях від рівномірної швидкості може бути отриманий розподіл прискорень, зображений на рис. 1.7.

Можна припустити, що якби водій керував автомобілем на ідеальній дорозі, не випробуючи впливу транспортного потоку, то шум прискорення дорівнював би нулю. Однак досліди, проведені на випробувальному полігоні фірми «Дженерал моторс» [45], де чотири автомобілі намагалися зберігати сталу швидкість руху в інтервалі від 32 до 96 км/год, показали, що шум прискорення складає $0,10 \text{ м/с}^2$. Очевидно, що хоча в ідеальних умовах водій і намагається зберігати сталу швидкість, це йому все-таки не вдається.

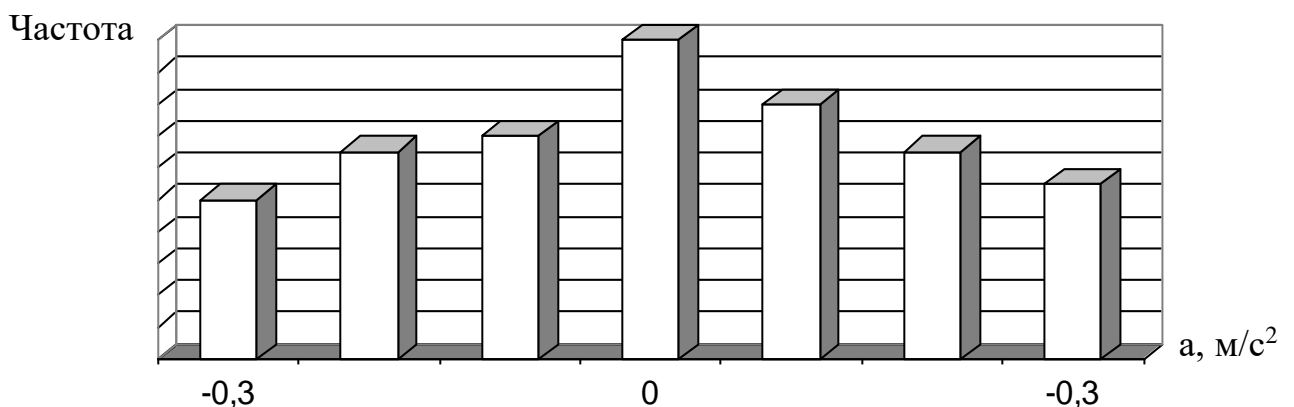


Рис. 1.6. Розподіл прискорень автомобіля при незначних відхиленнях від рівномірного руху

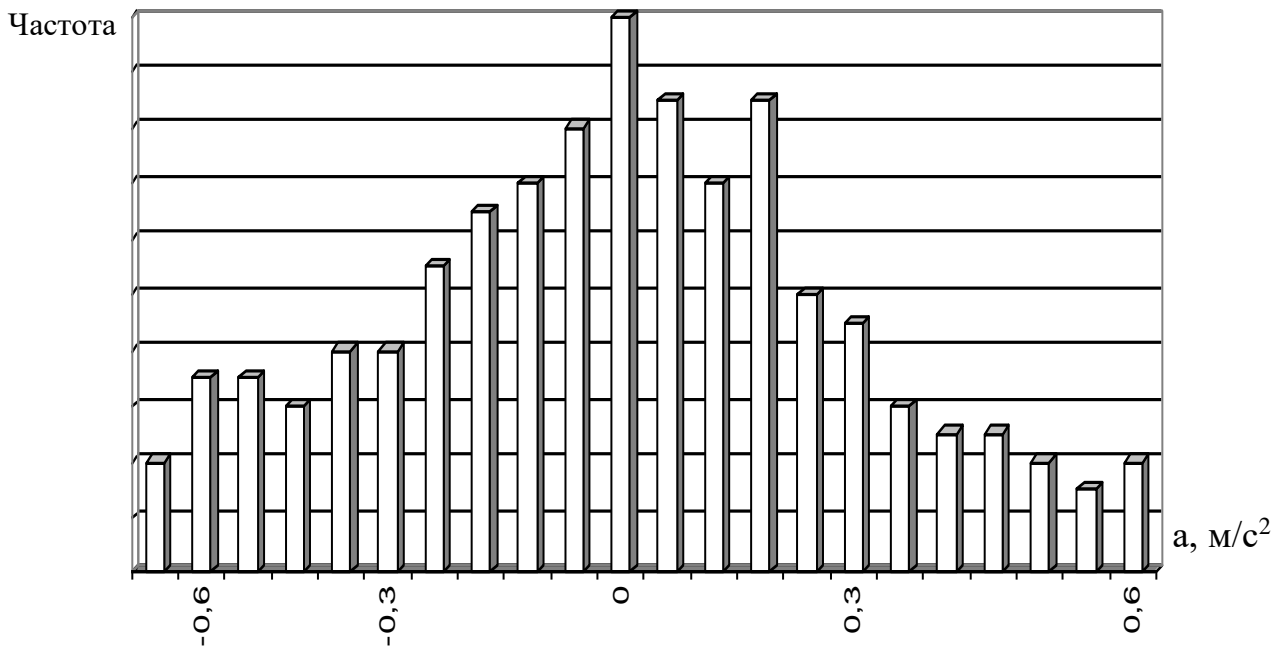


Рис. 1.7. Розподіл прискорень автомобіля при великих відхиленнях від рівномірного руху

В інших експериментах [45] за участю тих же водіїв при відсутності впливу з боку інших автомобілів потоку, але на дорогах зі змінними геометричними характеристиками, був отриманий більш високий шум прискорення.

Порівняння значень шуму прискорення на ідентичних дорогах дозволяє визначити, чи здійснюють конструктивні особливості доріг однаковий вплив на транспортний потік. Іншими словами, порівняння значень шуму прискорення дає можливість визначити, який вплив на рівномірність руху роблять розходження в геометричних характеристиках доріг аналогічного класу. Найбільше імовірно, що дороги з найменшим шумом прискорення характеризуються більш високим рівнем обслуговування та більшою безпекою руху.

Установлено, що унаслідок властивих особливостей, кожна конструкція дороги має природний шум прискорення [45], що перевищує по величині природний шум майже ідеальної дороги. Будь-яке удосконалення конструкції, мабуть, можна оцінити кількісно, визначивши, наскільки шум прискорення

реальної дороги наближається до шуму прискорення ідеальної дороги. Іншими словами, при проектуванні проїзної частини необхідно мінімізувати шум прискорення. Результати досліджень [45] на приміській дорозі, що проходить уздовж торгового центра, що характеризується високим числом дорожньо-транспортних подій, (50 ДТП на 1 млн. км пробігу), показали, що тривалість зупинок складає 7 с на 128 с перебування в дорозі. Однак шум прискорення в період максимумів склав тут $0,44 \text{ м/с}^2$ у порівнянні з $0,23 \text{ м/с}^2$ для періоду менш інтенсивного руху. Таке порівняння, безумовно, дозволяє краще оцінити ступінь перевантаження проїзної частини і як наслідок безпеку руху. Аналіз безпеки дорожнього руху шумом і градієнтом енергії. Шум енергії порівняно рідко використовувався при оцінці умов руху, досвід його застосування ще не накопичений. По наявним даним можна вважати умови руху складними при шумі енергії вище $4-5 \text{ м}^2/\text{з}^3$ [47]. Дослідження градієнта енергії проведені В.В. Зиряновим у [47], дозволили встановити наступні залежності між градієнтом енергії й основними характеристиками транспортних потоків: з збільшенням інтенсивності руху і як наслідок завантаження градієнт енергії зростає, тобто критерій відбиває зміни стану транспортного потоку, залежність приведена на рис. 1.8 [47]; збільшення швидкості сполучення і зниження затримок приводять до зменшення градієнта енергії - рис. 1.9, [47]; підвищення стабільності швидкісного режиму сприяє зменшенню градієнта енергії.

Дорожньо-транспортні умови руху орієнтовно охарактеризуються відповідно до наступних значень градієнта енергії, м/с^2 [47]:

- 1) сприятливі.....0,3
- 2) задовільні.....0,3-0,55
- 3) складні.....>0,55

При проведенні досліджень з метою оцінки умов руху “енергетичними” критеріями через визначені інтервали часу вимірюються миттєві значення швидкості і прискорення. На основі проведених досліджень градієнта енергії в МАДІ рекомендується реєстрація параметрів через кожні 2 с за допомогою автоматичної апаратури.

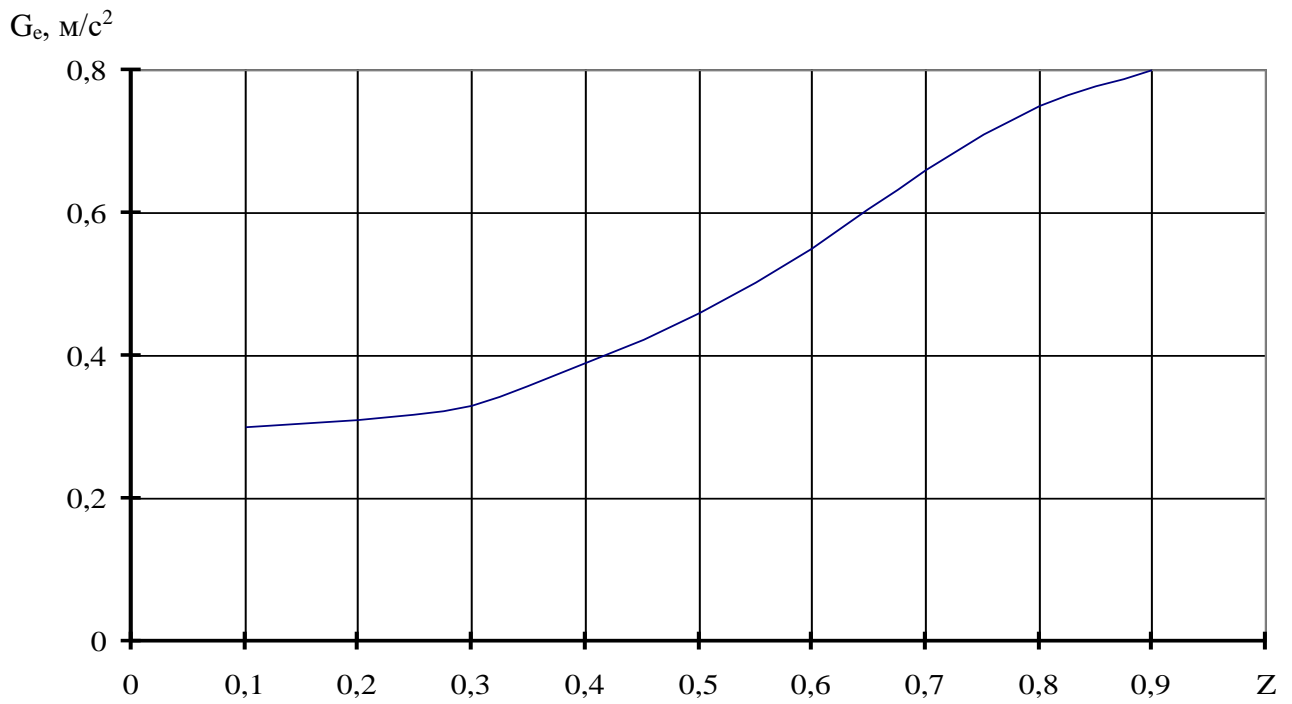


Рис. 1.8. Залежність градієнта “енергії” від рівня завантаження на міській магістралі.

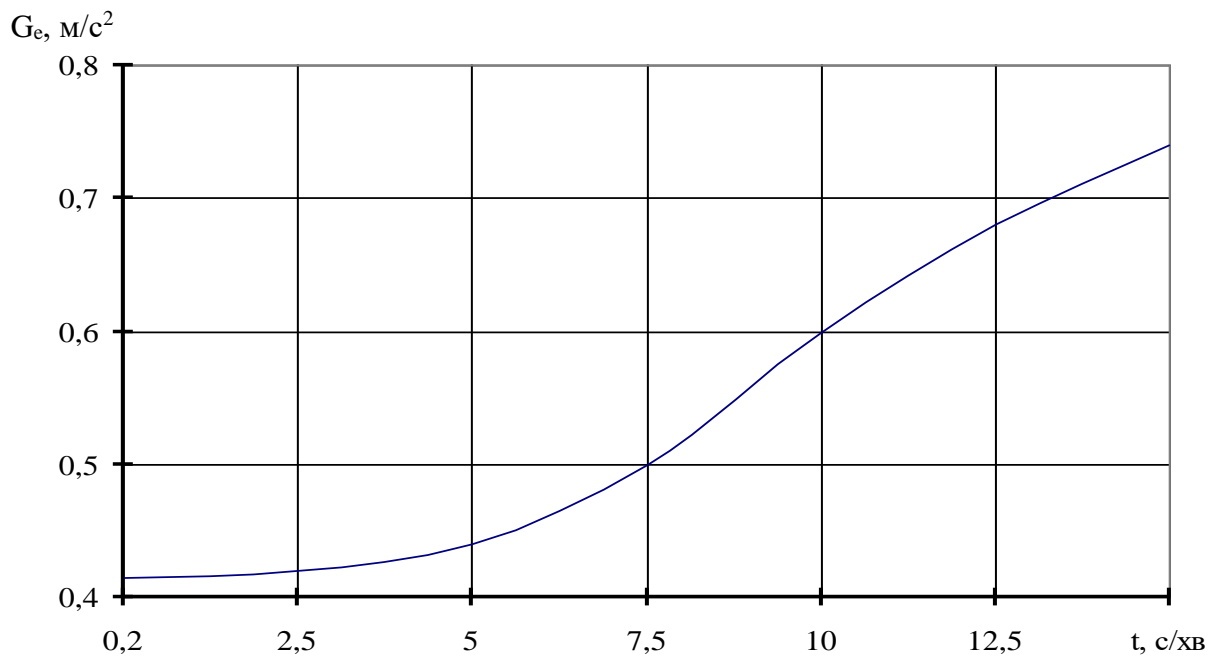


Рис. 1.9. Залежність градієнта “енергії” від середньої тривалості затримок на маршруті.

Таким чином, виконано аналіз методів оцінки безпеки дорожнього руху на базі характеристик рівномірності руху транспортного потоку, який вказав на необхідність проведення подальших досліджень у цьому напрямку.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

2.1 Енергетичні характеристики та безпека дорожнього руху

Питаннями підвищення безпеки дорожнього руху в області транспортних систем займалися багато вітчизняних і закордонних учених. Основні напрямки наукових досліджень формувалися в області аналізу статистики ДТП, дорожніх умов, кінематики дорожнього руху і функціонування системи АВД.

Безпека руху (БР) як поняття в більшості робіт ототожнюється з рівнем аварійності на тій або іншій ділянці дороги.

Наукові задачі ставилися і вирішувалися типовим методом, наприклад:

- моделі аналізу БР в області дослідження кінематики дорожнього руху:
 - 1) зв'язок інтенсивності руху і числа ДТП [6, 45, 59-60];
 - 2) зв'язок щільності руху і числа ДТП [6, 45];
 - 3) зв'язок швидкості потоку і числа ДТП [6, 45] та інше;
- моделі аналізу БР в області дорожніх умов [56-59]:
 - 1) зв'язок величин радіусів кривих у плані з числом ДТП [1-5];
 - 2) зв'язок видимості дорожньої покриття з числом ДТП [1-6];
 - 3) зв'язок ширини розділової смуги з числом ДТП [6] і т.д.;
- моделі аналізу БР в області характеристик конструкції й експлуатації автомобіля: зв'язок конструктивних параметрів з аварійністю [7-15].

До вказаних задач розроблялися різні імовірнісні математичні апарати. Кожен апарат вимагав виконання визначеного планування експерименту. В експерименті збиралися матеріали про предмет і об'єкт дослідження, підбиралася статистика про ДТП, і все це надалі оброблялося по необхідних алгоритмах, з метою одержання в підсумку визначених кореляційних залежностей.

В умовах такої постановки задачі, де відомі зміни вхідних факторів і вихідна характеристика системи, а об'єктивні процеси, що відбуваються тим

часом у системі називаються складними і не розглядаються, необхідно використовувати тільки імовірнісний математичний апарат. Усе це у свою чергу прив'язує отримані результати до конкретних умов експерименту і не дає можливості навіть у межах вирішеної задачі коректно узагальнити результати.

Поширення отриманих залежностей на загальні випадки проводиться шляхом доведення математичної моделі коригувальними коефіцієнтами до потрібного рівня або штучним заниженням її ступеня точності.

Розв'язувана в даній роботі задача по аналізу безпеки руху за допомогою енергетичних характеристик транспортних потоків передбачає детермінований підхід, що використовує об'єктивні закони природи.

У зазначеному ракурсі і розглянемо поняття безпеки руху. Як відзначалося вище, безпеку руху часто ототожнюють з аварійністю, тобто з числом ДТП при цьому розглядаючи її як імовірнісну систему. Аварійність являє собою статистичний показник, що відбиває тільки формальним образом (кількісно) прояву деяких негативних процесів в автотранспортних системах. І саме деяких, тому що не всі негативні явища виражаються в ДТП, але навіть якщо вони і впливають на аварійність, то не кожна дія зможе якісно змінити дорожньо-транспортну ситуацію, тобто привести до ДТП, а збиток при цьому системі обов'язково наноситься. Аварійність, з погляду процесу функціонування транспортної системи, являє собою окремі прояви якісних змін даної системи. При цьому не розкриваються ні кількісні ні якісні зміни, які привели систему в такий стан, і тим більше не розкривається механізм їхнього подальшого розвитку. Безпека руху, як характеристика дорожнього руху, що визначається аварійністю - це, результат насамперед процесу взаємодії у системі “дорожні умови – транспортний потік” у виді кількісної оцінки деяких якісних змін у русі транспортного потоку (ДТП), але певна безпека руху присутня постійно та певним чином змінюється у часі, як й характеристики руху потоку. Серед впливаючих факторів на поточний рівень безпеки руху можна віднести: 1) водія і його характеристики: психофізіологічні, розумові, інтелектуальні і творчі; 2) автомобіль і його конструктивні характеристики:

активної, пасивної, післяаварійної і екологічної безпеки; його технічний стан у цілому й за елементами; 3) дорожні умови і їхні характеристики: поперечний і подовжній профіль, дорожні спорудження; 4) елементи організації руху і їхні характеристики.

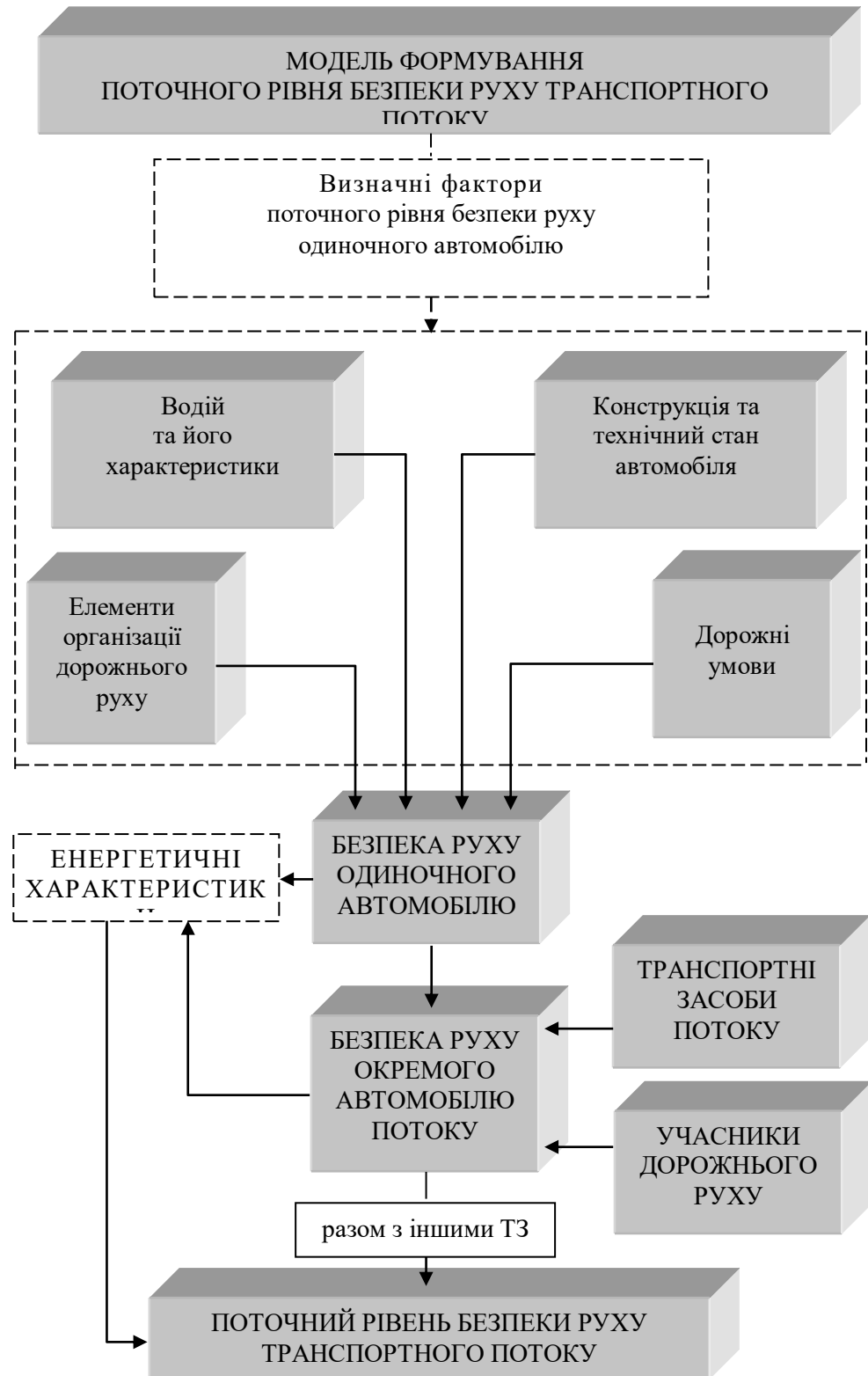


Рис. 2.1. Модель формування поточного рівня безпеки руху транспортного

потоку.

Імовірність виникнення ДТП у даному випадку визначається всіма перерахованими чотирма параметрами, а можливість запобігання - обмежується технічним станом автомобіля і характеристиками водія. Загальна схема структури формування поточної безпеки руху представлена на рис. 2.1. Однією з основних характеристик є безпека, що у розглянутій задачі виступає у виді однієї з якісних характеристик руху транспортних потоків або функціонування транспортної системи в цілому, і яка вимагає подальшої конкретизації. Для визначення необхідних напрямків розробки майбутніх енергетичних характеристик виконаємо системний аналіз безпеки руху в межах розв'язуваної задачі.

2.2 Системний аналіз безпеки руху у термінах енергетичного підходу

У роботі [6] д.т.н. В.Н. Іванова розглядалося питання про управління безпекою дорожнього руху. Автор вказує, що “безпека руху виступає як суспільна потреба в цілості комунікацій і їхніх носіїв, а також за допомогою визначення, що погоджує поняття швидкості і безпеки, раз і назавжди вирішити проблему багатокритеріальності, а заодно й основне питання проблеми структури системи управління безпекою руху не можливо” [8]. Необхідно застосовувати системний підхід, який дозволяє розробити комплекс необхідних цілей.

З погляду зазначеного підходу, у даній роботі безпеку руху можна розглядати у виді багаторівневої системи, що складається з великого числа взаємозалежних елементів. Відзначені зв'язки дозволяють утворювати групи елементів, що у свою чергу формують якісно різні функціональні рівні транспортної системи з погляду безпеки руху.

У межах розв'язуваної задачі необхідно виділити два основних рівня аналізу:

- система АВД;
- система транспортного потоку.

Зазначені рівні мають якісно різні процеси формування безпеки свого функціонування.

Система АВД є елементом і окремим випадком транспортного потоку [7]. Зазначений елемент по своїй структурі є досить складним. Він містить у собі інформаційні, механічні, електричні і біологічні системи [8]. Дані підсистеми нерозривно зв'язані між собою й утворюють єдиний кібернетичний комплекс, що перетворює інформацію, різні види енергії і матерію.

Інформацію, що надходить у різних видах від об'єктів дорожньої обстановки й автомобіля, сприймає і перетворює водій. Далі за допомогою своїх біологічних можливостей він впливає на механічну систему транспортного засобу, визначаючи характер його руху.

Зазначений вплив є ніщо інше, як керування енергетичними потоками. Вони містять у собі:

- теплові і потужнісні потоки в двигуні;
- потужнісні і частково теплові потоки в трансмісії і ходовій частині.

Будь-який процес механічної взаємодії реальних матеріальних тіл (передача основного потоку механічної енергії) супроводжується не тільки виділенням тепла, але деформацією, руйнуванням тіл, тобто перетворюється матерія.

Таким чином, система АВД, перетерплюючи кількісні і якісні зміни по зазначеним окремим напрямкам і в цілому, формує визначений ступінь небезпеки свого функціонування, тобто виділяється окремий якісний рівень безпеки руху.

У свою чергу транспортний потік, як надсистема, утворює додаткові зв'язки, що за допомогою інформаційного каналу, як водія, формують у підсистемі АВД характер зміни процесів перетворення інформації, енергії і матерії. Утворюється конкретна система з окремих “небезпек руху” систем АВД, об'єднаних певними зв'язками, яка має свою безпеку руху. Зазначена

структура має якісно інший рівень, несучи в собі спадковість об'єднаних систем АВД зі змінами, обумовленими їх внутрішньою взаємодією і взаємодією в цілому транспортного потоку у межах автотранспортної системи. З погляду міжелементних зв'язків, особливістю розглянутої структури є те, що якісні зміни одного елемента приводять до якісної зміни всієї системи. Наприклад, раптова зупинка з технічних причин хоча б одного автомобіля приводить до збою руху всього транспортного потоку.

Таким чином, у межах розв'язуваної задачі необхідно розробляти характеристики безпеки руху стосовно до фундаментальної системи АВД і уточнювати їх для над системи - транспортного потоку, причому вони повинні об'єктивно відбивати рівнобіжні процеси перетворення інформації, енергії і матерії.

2.3 Принцип відносності в задачі аналізу безпеки руху

З погляду аналізу безпеки руху як процесу основну роль у ньому грає сам рух, що у свою чергу здається досить очевидним. Однак рідко застосовуються основні закони формування руху для аналізу безпеки цього процесу в транспортних потоках.

З погляду поняття і процесу руху ключовим принципом, що впливає на формування і безпосередню його оцінку, є принцип відносності. Основні аспекти даного принципу сформульовані Ейнштейном у 1905 р., вони виражаються таким чином:

- 1) ніякими вимірами в довільній системі не можна знайти її прямолінійний і рівномірний рух, тобто всі процеси, що відбуваються в системі, не залежать від її прямолінійного і рівномірного руху;
- 2) усі системи, що знаходяться в прямолінійному і рівномірному русі, еквівалентні.

Зазначені постулати теорії відносності в аналізі процесу руху різних систем з погляду безпеки можна трактувати так: ніяким образом у довільній

системі АВД або в якому-небудь транспортному потоці не можна охарактеризувати їхній рух як безпечний, обов'язково необхідний об'єкт порівняння. З метою одержання правильного результату у визначенні рівня безпеки й аналізу характеристик руху, за об'єкт відліку необхідно прийняти дорожнє покриття.

Отримані відображення параметром “безпека руху” якісних змін у системах АВД або транспортного потоку, формують визначену область їхніх станів. Де обов'язково існують дві грані:

- стан абсолютно безпечного руху;
- стан абсолютно небезпечного руху.

У залежності від того, яку грань узяти за основу, можна оперувати двома протилежними відносними поняттями:

- “безпека руху”;
- “небезпека руху”.

Причому, обоє з них не можуть існувати окремо один від одного, тому що відбивають єдиний процес – рух автомобілів в автотранспортній системі, що, отже, може бути небезпечним або безпечним.

Найбільший інтерес з погляду поняття представляє “небезпека руху”, а процесу – “небезпечний рух”, бо головна задача – виключення цих негативних процесів. Яка ж їхня природа?

Як тільки виникає процес руху, автомобіль вже стає джерелом небезпеки. Він несе в собі визначеного характеру і конкретної величини руйнівний потенціал, що може якимсь образом бути реалізований. Даний процес можливий тільки при взаємодії автомобіля з іншим об'єктом дорожньої обстановки, тобто при наявності визначеної “різниці потенціалів”.

Практичний прояв руйнівного потенціалу автомобіля або їхньої визначеної кількості не завжди можливий, іншими словами - не всяка аварійна ситуація може перерости в ДТП. Даний процес визначається конкретною кількістю якісних змін у кібернетичній системі автомобіль-водій і транспортній системі в цілому.

У загальному випадку ДТП виникає по двом принциповим причинам:

- збій у функціонуванні системи водій – автомобіль:
 - порушення в механічній системі автомобіля, що відповідає за безпеку руху (гальмова система, рульове керування, ходова частина);
 - негативні зміни в самопочутті водія;
- збій у функціонуванні транспортної системи:
 - поява різного роду перешкод на дорозі (інші учасники руху, ушкодження дорожнього покриття та інше);
 - вихід з ладу технічних засобів організації руху.

Рух можна визнати небезпечним тільки в порівняльному аналізі. Наприклад. Рух одиночного автомобіля стосовно дорожніх споруджень або до яких-небудь нерухомих об'єктів дорожньої обстановки можна розглядати як несучий в собі конкретну небезпеку, фіксуючи при цьому її максимальне потенційне значення.

Таким чином, “небезпека дорожнього руху” – це комплекс негативних явищ, що виникають у процесі руху транспортного потоку, кількісне накопичення яких, проявляється у якісних змінах стану транспортного потоку, що визначають аварійність.

“Абсолютна небезпека руху” – миттєве значення руйнівного потенціалу, що сконцентрований у окремому транспортному засобі або у їхній групі в транспортному потоці, який при виникненні ДТП визначає загальний збиток від нього.

Додатково в умовах транспортного потоку можна виділити “загальну і місцеву небезпеку” руху.

“Загальна небезпека руху” - виражається в невідповідній, щодо інших учасників руху, кінематиці переміщення визначеного транспортного засобу або їхній групі, тобто це розгорнута в просторі зміна абсолютної небезпеки руху.

“Місцева небезпека руху” - виражається в невідповідній кінематиці переміщення визначеного транспортного засобу або їхній групі тій, яка

закладені в існуючій схемі організації дорожнього руху, тобто це розгорнута в часі зміна абсолютної небезпеки руху в конкретному місці дороги.

У загальному випадку абсолютна небезпека безпосередньо визначає тяжкість ДТП і побічно вказує на імовірність або характер формування аварійності. Серед існуючих характеристик руху транспортного потоку з визначеною часткою наближення до аналізу абсолютної небезпеки можна віднести: швидкість транспортного потоку, інтенсивність руху і щільність руху.

Однак ці показники тільки з кількісної точки зору, причому однобічним образом розкривають абсолютну небезпеку руху і як об'єктивні характеристики в умовах розглянутої задачі бути прийнятими не можуть.

Загальна небезпека визначає місця концентрації ДТП, їхні топографічні характеристики і властивий їм рівень аварійності. У цій області сконцентровані всі дослідження в напрямку аналізу рівномірності руху автомобіля або їхньої групи в потоці й існуючої при цьому аварійності.

При цьому, вся оперативна організація дорожнього руху спрямована на ліквідацію, насамперед, місцевої небезпеки руху.

Виключення загальної небезпеки руху дозволяє зменшувати число ДТП на визначеній ділянці, при цьому керувати темпами зміни аварійності можливо тільки за допомогою зміни величини місцевої небезпеки руху на конкретних ділянках транспортної системи. Реально це дозволяють виконати проектні рішення інженерного й управлінського типу.

У напрямках аналізу абсолютної, місцевої і загальної небезпек руху необхідно розробляти визначені характеристики, що відбивають їх якісні і кількісні зміни, оптимізація яких надалі дозволить підвищити загальну безпеку дорожнього руху.

Таким чином, визначені поняття небезпеки руху і процес формування небезпечного руху конкретного автомобіля або їхнього кінцевого числа.

Отже, для того щоб у підсумку правильно оцінити безпеку дорожнього руху, необхідний об'єктивний оцінний комплекс характеристик, що відбиває процес формування абсолютної, місцевої і загальної небезпек руху.