

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Графічний матеріал до
магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

**Оцінювання гальмівної ефективності легкового автомобіля
при автотехнічній експертизі дорожньо-транспортних пригод**

Розробив: ст. гр. 1АТ-15м з/н
Скакун М.О.

Керівник: к.т.н., доц.
Кашканов В. А.

Вінниця – 2016 р.

Мета роботи – покращення якості автотехнічної експертизи за рахунок підвищення точності оцінювання гальмівної ефективності автомобіля

Об'єкт дослідження – процес екстреного гальмування автомобіля без блокування коліс

Предмет дослідження – зниження похибки визначення гальмівного шляху при екстреному гальмуванні без блокування коліс

Методи дослідження: в роботі використовуються аналітичні (теорія нечітких множин та інтегральне числення) та експериментальні методи досліджень, які базуються на ідеях і принципах штучного інтелекту та інженерії знань

Завдання дослідження

- розробити математичну модель для розрахунку гальмівного шляху автомобіля при екстреному гальмуванні без блокування коліс, та на її основі створити удосконалену методику оцінки гальмівного шляху автомобіля, обладнаного АБС;
- провести дорожні випробування автомобілів на гальмівну ефективність для підтвердження адекватності запропонованої методики та проілюструвати ефективність її використання при розслідуванні механізму ДТП.

Наукова новизна одержаних результатів

Набув подальшого розвитку підхід комплексного врахування кількісного та якісного характеру впливу типу і стану дорожнього покриття, типу і стану шин, розподілу навантаження між осями та швидкості руху автомобіля, обладнаного АБС, на використання зчіпних якостей його коліс з опорною поверхнею при екстремому гальмуванні, що дозволило удосконалити методику оцінки гальмівної ефективності легкового автомобіля

Практичне значення одержаних результатів

На основі запропонованого удосконаленого методу визначення коефіцієнту зчеплення разом з розробленою математичною моделлю розрахунку гальмівного шляху, створено методику розрахунку гальмівного шляху автомобіля, яка на відміну від існуючих дозволяє розраховувати дійсний гальмівний шлях автомобіля, обладнаного АБС та враховує дорожні та експлуатаційні умови гальмування.

Запропоновані методики можуть бути використані експертами-автотехніками при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод.

Критерії ефективності гальмування при дорожніх методах випробувань

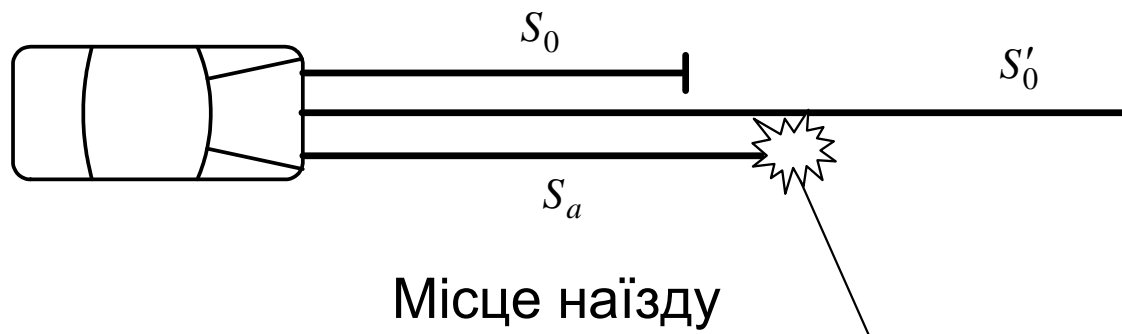
Аналіз основних нормативних документів по вимогам до технічного стану гальмівних систем автомобілів показує, що критеріями ефективності гальмування при дорожніх випробуваннях згідно міжнародних та вітчизняних стандартів є:

- ✓ значення гальмового шляху при гальмуванні з певної швидкості;
- ✓ величина усталеного сповільнення;
- ✓ зусилля на органі керування;
- ✓ час спрацьовування гальмової системи.

Основні задачі, які доводиться розв'язувати при аналізі ДТП

- визначення початкової швидкості гальмування;
- визначення відстані між об'єктами в момент виникнення небезпеки для руху;
- визначення траєкторії та часу руху транспортних засобів в процесі пригоди;
- дослідження технічного стану транспортного засобу.

Всі вказані дослідження проводяться для вирішення одного з найважливіших питань автотехнічної експертизи – **чи мав водій технічну можливість, шляхом екстреного гальмування, уникнення або зменшення важкості наслідків ДТП?**



- S_a - відстань між об'єктами в момент виникнення небезпечної обстановки;
 S_0 - зупинний шлях автомобіля;

Визначення параметрів гальмівної ефективності автомобіля

Розрахунок зупинного шляху автомобіля

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a^2}{26j}$$

де t_1 – час реакції водія, с; t_2 – час запізнення спрацьовування гальмової системи, с;
 t_3 – час наростання сповільнення, с; v_a – початкова швидкість гальмування, км/год;
 j – усталене сповільнення, м/с².

Усталене сповільнення транспортних засобів

$$j = \varphi \cdot g \quad (2)$$

$$j = \frac{\varphi \cdot g}{K_e} \quad (3)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення шин з дорогою; g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 K_e – коефіцієнт ефективності гальмування.

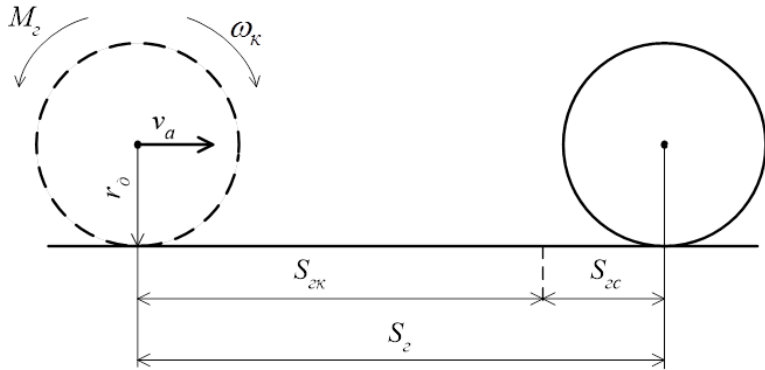
Основні недоліки існуючої методики експертизи ДТП

- формула (1) сформована для випадку гальмування з блокуванням коліс;
- при визначенні j підставляють табличні значення φ та K_e (відтворені для випадку гальмування з блокуванням коліс; надаються у вигляді діапазону значень);
- не враховуються експлуатаційні умови гальмування;
- розрахунок за формулою (1) дає теоретично можливий гальмівний шлях, а не дійсний

Завдання дослідження

- розробити математичну модель для розрахунку гальмівного шляху автомобіля при екстреному гальмуванні без блокування коліс, та на її основі створити удосконалену методику оцінки гальмівного шляху автомобіля, обладнаного АБС;
- провести дорожні випробування автомобілів на гальмівну ефективність для підтвердження адекватності запропонованої методики та проілюструвати ефективність її використання при розслідуванні механізму ДТП.

Гальмування автомобільного колеса без блокування



Енергетичний баланс автомобіля при екстремому гальмуванні без блокування коліс

$$\frac{\delta \cdot G_a \cdot v_a^2}{2g} = \sum_{i=1}^n \frac{M_{zi}}{r_{\partial}} \cdot (1 - s_i) \cdot S_2 + \sum_{i=1}^n R_{zi} \cdot \varphi_{xi} \cdot s_i \cdot S_2 + \frac{1}{3} k_e \cdot F \cdot v_{w0}^2 \cdot S_2 +$$

$$+ \sum_{i=1}^n G_{ki} \cdot f_i \cdot (1 - s_i) \cdot S_2 + \frac{M_r}{r_{\partial}} \cdot (1 - s_{cp}) \cdot S_2 \pm 0,01 \cdot G_a \cdot i \cdot S_2$$

Формула для визначення зупиночного шляху автомобіля при гальмуванні без блокування коліс

$$S_{зуп} = v_a \cdot (\tau_{pe} + \tau_{cn} + 0,5\tau_n) + \frac{\delta \cdot G_a \cdot (v_a - 0,5\tau_n \cdot j_{ycm})^2}{2g \left(\sum_{i=1}^n \frac{M_{zi} \cdot (1 - s_i)}{r_{\partial}} + \sum_{i=1}^n G_{ki} \cdot f_i \cdot (1 - s_i) + \frac{1}{3} k_e \cdot F \cdot v_{w0}^2 + \frac{M_r}{r_{\partial}} \cdot (1 - s_{cp}) + \sum_{i=1}^n R_{zi} \cdot \varphi_{xi} \cdot s_i \pm 0,01 G_a \cdot i \right)}$$

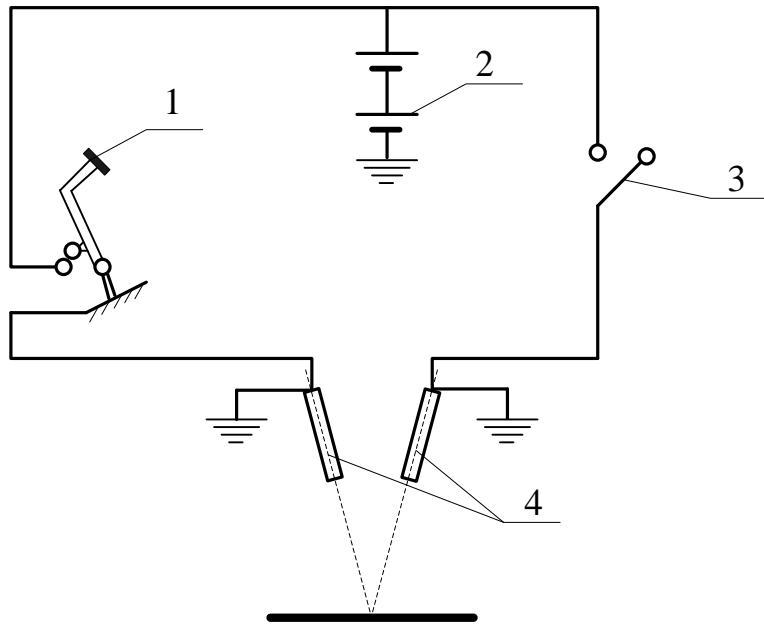
де v_a – швидкість на початку гальмування; δ – коефіцієнт урахування обертових мас; G_a – вага автомобіля; r_{∂} – динамічний радіус колеса автомобіля; i – ухил дороги у %; M_{zi} – гальмівний момент на i -му колесі; s_i – повздовжнє проковзування на i -му колесі; M_r – середній момент сил тертя в трансмісії; G_{ki} – нормальне навантаження на i -те колесо; f_i – коефіцієнт опору кочення для i -го колеса автомобіля; R_{zi} – нормальна реакція на i -те колесо; φ_{xi} – коефіцієнт зчеплення i -го колеса; F – площа міделя; k_e – коефіцієнт обтічності автомобіля; v_{w0} – відносна швидкість повітря на початку гальмування;

Алгоритм запропонованої методики розрахунку гальмівного шляху автомобіля при екстремому гальмуванні без блокування коліс



Застосовувані прилади при проведенні експериментальних досліджень

Схема пістолета-відмітника для визначення гальмівного шляху автомобіля



- 1 - гальмова педаль;
- 2 - акумулятор;
- 3 - вмикач сигнального пристрою;
- 4 - стволі пристрою

Деселерометр AVZM-100



Фрагмент результатів експерименту, отриманих на сухому асфальтобетоні для автомобілів з АБС

V_0 , км/год	Opel Vectra				Mercedes Benz 212D			
	S_z , м	j_{yct} , м/с ²	S_z сеп, м	j_{yct} сеп, м/с ²	S_z , м	j_{yct} , м/с ²	S_z сеп, м	j_{yct} сеп, м/с ²
56	13,45	8,43	13,83	8,18	13,76	7,93	13,65	7,95
56	13,88	8,22			13,19	8,02		
56	14,15	7,88			13,99	7,9		
75	25,23	7,56	24,78	7,78	24,01	8,12	24,51	7,91
75	24,38	7,96			24,71	7,78		
75	24,72	7,83			24,82	7,82		
94	39,05	7,88	39,64	7,62	38,48	7,74	39,16	7,61
94	40,04	7,46			39,06	7,66		
94	39,82	7,52			39,95	7,42		

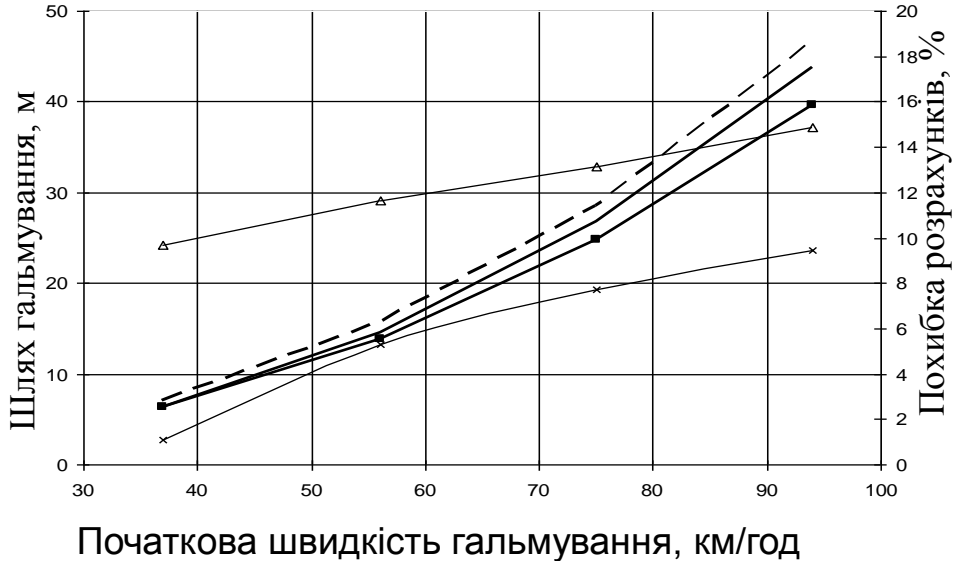
**Порівняння значень гальмівного шляху
при гальмуванні на сухому асфальтобетоні**

Автомобіль		Початкова швидкість гальмування, км/год			
		37	56	75	94
ВАЗ-2101	Е	7,95	–	–	–
	М	8,37	–	–	–
	Н	8,89	–	–	–
ГАЗ 3221 „Газель”	Е	8,06	–	–	–
	М	8,68	–	–	–
	Н	9,04	–	–	–
Opel Vectra	Е	6,34	13,83	24,78	39,64
	М	6,41	14,60	26,86	43,78
	Н	7,02	15,65	28,53	46,57
Mercedes Benz 212D	Е	6,24	13,65	24,51	39,16
	М	6,40	14,61	26,78	43,62
	Н	7,02	15,65	28,53	46,57

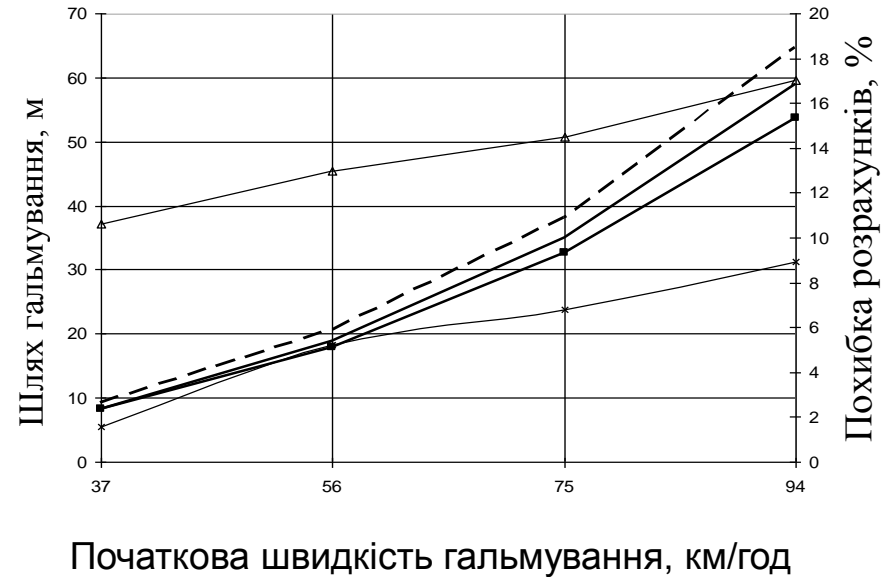
Е – значення гальмівних шляхів, отриманих експериментально, М – при розрахунку за запропонованою моделлю, Н – при розрахунку за формулою, що рекомендується ДСТУ 3649-97.

Графіки залежностей гальмівного шляху автомобіля Opel Vectra від початкової швидкості гальмування

Сухий асфальтобетон



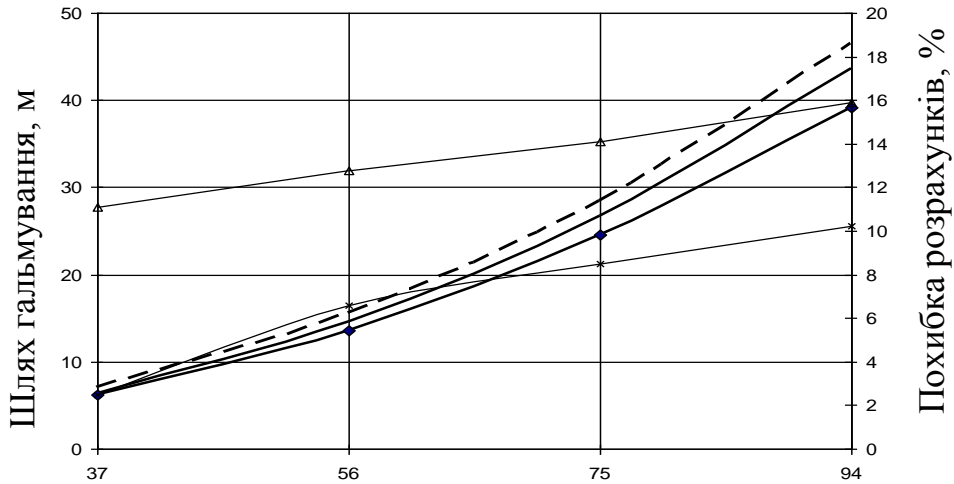
Вологий асфальтобетон



- експериментальні значення,
- розраховані за запропонованою моделлю,
- - - розраховані за формулою ДСТУ 3649-97,
- ×— похибка між моделлю та експериментом,
- △— похибка між формулою ДСТУ 3649-97 та експериментом

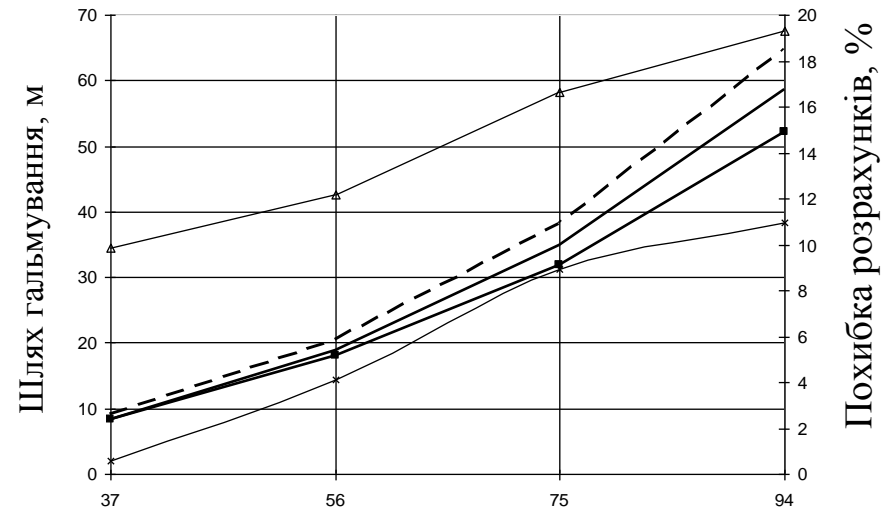
Графіки залежностей гальмівного шляху автомобіля Mercedes Benz 212D від початкової швидкості гальмування

Сухий асфальтобетон



Початкова швидкість гальмування, км/год

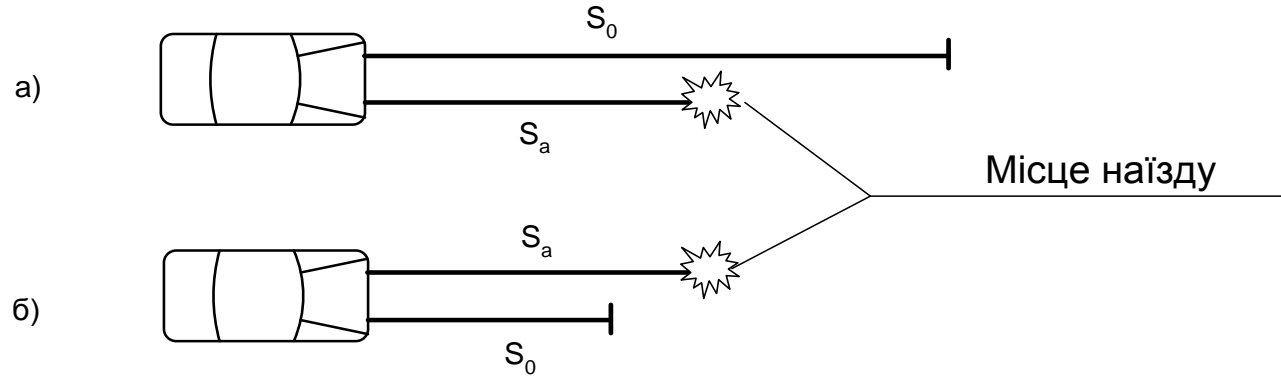
Вологий асфальтобетон



Початкова швидкість гальмування, км/год

- експериментальні значення,
- розраховані за запропонованою моделлю,
- - - розраховані за формулою ДСТУ 3649-97,
- ×— похибка між моделлю та експериментом,
- △— похибка між формулою ДСТУ 3649-97 та експериментом

Порівняння величин шляху, необхідного для зупинки і відстані від транспортного засобу до місця наїзду



а) при $S_0 > S_a$, водій не має технічної можливості уникнути наїзду;

б) при $S_0 < S_a$, водій має технічну можливість уникнути наїзду

Результати розрахунків для прийняття рішення

Методика	Коефіцієнт зчеплення	Зупиночний шлях автомобіля	Відстань до перешкоди в момент виникнення небезпеки	Рішення про можливість уникнення наїзду
Діюча	0,25	82,87 м	11,15 м	не можливо
	0,45	53,42 м	34,04 м	не можливо
Запропонована	0,50 – передня вісь; 0,52 – задня вісь	47,10 м	70,22 м	можливо

Основні висновки по роботі

1. Існуюча методика автотехнічної експертизи використовує залежність для визначення гальмівного шляху, яка розрахована для випадку гальмування з блокуванням коліс. Вона передбачає використання табличних значень коефіцієнта зчеплення, які надаються у вигляді діапазону для певного типу і стану дорожнього покриття при 100% проковзуванні, що може привести до отримання неточного результату, особливо при експертизі ДТП за участю автомобілів, обладнаних антиблокувальними системами.
2. Розроблена на базі енергетичного балансу математична модель дозволила визначити взаємозв'язок між гальмівним шляхом автомобіля та експлуатаційними умовами гальмування.
3. Використання досконалого методу визначення коефіцієнту зчеплення разом з розробленою математичною моделлю розрахунку гальмівного шляху дало можливість створити удосконалену методику оцінки гальмівної ефективності легкового автомобіля при екстремому гальмуванні без блокування коліс, яка може бути використана при проведенні експертизи ДТП за участю автомобілів, обладнаних АБС як при визначенні зупинного шляху, так і для визначення відстані, на якій знаходився автомобіль в момент виникнення небезпечної обстановки.
4. Порівняння результатів, отриманих при розрахунку гальмівного шляху автомобілів без блокування коліс за запропонованою методикою з даними, отриманими при проведенні дорожніх випробувань та розрахованими за формулою, що рекомендується ДСТУ 3649-97 та ДСТУ 3649-2010, показало більшу точність запропонованого методу. Максимальна відносна похибка розрахунку за запропонованим методом становить 10,92%, за нормативною методикою – 19,31%.
5. Застосування запропонованої методики оцінювання гальмівної ефективності легкового автомобіля дозволяє підвищити якість проведення автотехнічної експертизи ДТП, шляхом більш точного визначення гальмівного та зупинного шляху автомобіля.