УДК 343.982 DOI: 10.37025/1992-4437/2025-44-2-124

О. Б. Кучерявенко,
головний судовий експерт
відділу автотехнічних досліджень,
Харківський науково-дослідний
експертно-криміналістичний центр МВС України
вул. Ковтуна, 34, м. Харків, 61191, Україна
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-2521-4457
email: oleg3791@ukr.net
С. В. Данець,
кандидат технічних наук,
перший заступник директора,
Харківський науково-дослідний
експертно-криміналістичний центр МВС України
вул. Ковтуна, 34, м. Харків, 61191, Україна
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4155-1856
email: danez@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ МОЖЛИВОСТІ ЗАПОБІГАННЯ НАЇЗДУ НА ПІШОХОДА У ВИПАДКУ НЕЕКСТРЕНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ЗА УМОВИ ОБМЕЖЕНИХ ВИХІДНИХ ДАНИХ

Анотація. У статті запропоновано метод визначення механізму та обставин дорожньо-транспортної пригоди, коли бракує певних вихідних даних. Дослідження здійснено на основі аналізу конкретної дорожньо-транспортної пригоди, у якій автомобіль рухався із заданою швидкістю та контактував із пішоходом після виникнення небезпечної ситуації. Ґрунтуючись на заданих вихідних даних про швидкість руху автомобіля, відстані, яку він подолав у гальмуванні до моменту наїзду та часу руху після контакту до зупинення, визначено фактичне уповільнення транспортного засобу, його зупинний шлях за екстреного гальмування і відстань до місця наїзду на пішохода в момент виникнення небезпеки для руху. Розрахунки виконано за допомогою загальновживаних формул механіки, використовуваних в автотехнічних експертизах. Наукова новизна дослідження полягає в розробленні способу, заснованому на використанні матеріалів відеозапису для визначення часових і просторових параметрів руху автомобіля після наїзду, та використання їх як вихідних даних для встановлення обставин пригоди. Констатовано, що за екстреного гальмування зупинний шлях автомобіля менший за його віддалення від місця наїзду, у момент виникнення небезпеки для руху. Ця обставина засвідчує об'єктивну технічну можливість запобігти виникненню дорожньо-транспортної пригоди. Водій не скористався максимально можливим ефектом гальмування, що призвело до контакту з пішоходом. Порівняльний аналіз здобутих результатів довів, що дії водія не забезпечили достатнього зменшення швидкості для запобігання наїзду на пішохода. Крім того, представлено спосіб визначення уповільнення автомобіля в умовах пригоди, яка зважає на часові та просторові параметри руху після наїзду, що можуть використовувати судові експерти під час проведення автотехнічних експертиз обставин дорожньо-транспортних пригод. Здобуті результати мають важливе значення не лише для технічної оцінки дій водіїв, а й для удосконалення їх навчання правильним діям у небезпечних ситуаціях. Запропоновані підходи можуть бути використані в освітніх цілях, а також для підвищення кваліфікації фахівців у сфері дослідження обставин дорожньо-транспортних пригод.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода; уповільнення; зупинний шлях; судова автотехнічна експертиза; експертне дослідження; правила дорожнього руху.

Вступ

Актуальність дослідження полягає в тому, що кожного року реєструється (*Statystyka DTP v Ukraini*, n.d.) велика кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП), зокрема й за участю пішоходів (Horodetskyi et al., 2021; Piatkov et al., 2024, s. 178–179), що викликає потребу в експертному дослідженні обставин і механізму ДТП під час проведення автотехнічних експертиз. Результати експертного аналізу обставин дорожньо-транспортної пригоди набувають великої ваги, зумовлюючи підстави ухвалення обґрунтованих процесуальних рішень у кожному провадженні.

Проблематика технічного аналізу дорожньо-транспортних пригод, зокрема дій водія в ситуації наїзду на пішохода, є предметом широкого дослідження в сучасній криміналістичній науці та експертній практиці.

Так, основи методичного підходу до визначення технічної можливості запобігти наїзду на пішохода закладено за часів становлення автотехнічної експертизи, їх окремі аспекти вдосконалювалися в працях, що детально описують залежність довжини гальмівного шляху від типу покриття, умов гальмування, початкової швидкості (Reshetnikov, 1999). Схожі розрахункові підходи набули подальшого розвитку в працях, у яких систематизовано методики застосування формул механічного руху в автотехнічній експертизі (e.g., Shevtcov, & Dubonos (Sost.), 2006).

Розглядаючи особливості дослідження ДТП за участю пішоходів, акцентують на ключовому значенні моменту виникнення небезпеки для руху, а також аналізу своєчасності дій водія, висвітлюють можливості аналізу в разі, як це нерідка трапляється на практиці, обмеженої вихідної інформації (Volkov et al., 2010).

Суттєвим внеском у методичне забезпечення експертного аналізу обставин ДТП постали праці, у яких систематизовано чинні методики, рекомендовані для практичного застосування в судовій експертизі (Shevtsov, & Dubonos, 2003).

Окрема категорія наукових досліджень присвячена відеоаналізу дорожніх подій, де викладено підходи до визначення параметрів руху за відеозаписом, розкривається методика встановлення просторово-часових характеристик обставин дорожньо-транспортної пригоди з використанням відеофіксації (Kovalov et al. (Uklad.), 2021).

Сьогодні вітчизняні та зарубіжні науковці і практики, активно працюючи в цьому напрямі, висвітлюють, зокрема, особливості оформлення висновку судової автотехнічної експертизи (Lubentsov, 2019), пропозиції з удосконалення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод (Skliarov et al., 2019), розглядають підходи до вивчення механізму виникнення дорожньо-транспортної пригоди за участю вантажних транспортних засобів (Savova-Mratsenkova, & Vasilovski, 2024), для реконструкції траєкторії руху транспортних засобів (Abdelraouf et al., 2023; Pu et al., 2025), місць аварій у 3D з використанням лідарного сканування USGS, аерофотознімків та фотограмметрії (Terpstra et al., 2019), методи визначення точки різкого гальмування та швидкості транспортного засобу під час його руху між системами камер (Snyder et al., 2025) тощо.

Попри значний обсяг наукових напрацювань, недостатньо висвітленим залишається питання оцінки фактичного уповільнення транспортного засобу в контексті порівняння з табличними значеннями для екстреного гальмування, особливо у випадках, коли в реальних дорожніх умовах водії часто застосовують неекстрене гальмування, що не забезпечує достатнього зменшення швидкості для уникнення наїзду на пішохода.

Метою дослідження є розроблення способу, у який можна встановити, чи мало місце екстрене гальмування, а також чи можна було уникнути наїзду на пішохода в конкретних умовах дорожньо-транспортної пригоди (зокрема й зважаючи на вид гальмування) під час проведення експертного аналізу обставин і механізму ДТП за умови обмежених вихідних даних.

Матеріали та методи

Для досягнення поставленої мети використано:

відеозапис обставин дорожньо-транспортної пригоди;

постанову про призначення експертизи;

інформаційно-довідкову літературу, технічні стандарти щодо характеристик гальмування легкових автомобілів.

Застосовано методи:

розрахунковий метод визначення зупинного шляху автомобіля;

кінематичний аналіз руху автомобіля на основі даних відеозапису;

математичні формули для обчислення шляху гальмування, уповільнення автомобіля та його віддалення від місця наїзду на пішохода;

метод порівняльного аналізу зупинного шляху та віддалення автомобіля від місця наїзду на пішохода.

Основними параметрами, що взяті з постанови про призначення експертизи, є:

швидкість руху автомобіля;

відстань, яку він здолав у гальмуванні до наїзду на пішохода;

момент виникнення небезпеки для руху.

Основним параметром, що взятий у процесі дослідження відеозапису, є час руху автомобіля після наїзду на пішохода до його зупинення.

Розрахунки виконано за загальними формулами механічного руху.

Результати та обговорення

У процесі комплексного автотехнічного, фототехнічного дослідження та дослідження відео-, звукозапису заналізовано обставини конкретної дорожньо-транспортної пригоди, під час якої стався наїзд автомобіля Opel Vectra на пішохода в межах населеного пункту. Основним завданням експертизи постало вирішення питання, чи мав водій технічну можливість уникнути наїзду на пішохода за умови заданих параметрів руху та гальмування.

Для цього застосовано кінематичний аналіз руху автомобіля на основі даних відеограми та постанови про призначення експертизи. Встановлено, що автомобіль рухався зі швидкістю 40 км/год, а небезпека для водія виникла за 3 с до контакту з пішоходом. Пішохід перетинав проїзну частину справа наліво відносно напрямку руху автомобіля. Під час зближення з пішоходом водій застосував гальмування. Контактування з пішоходом відбулося правою передньою частиною автомобіля. Також встановлено, що подія відбулася на ділянці дороги горизонтального профілю, дорожнє покриття асфальтобетонне, сухе. До наїзду автомобіль Opel Vectra подолав у стані гальмування 8…10 м. Комплексним дослідженням файлу відеограми встановлено, що пішохід виходить на проїзну частину в момент часу, якому відповідає «2022-09-12 11:30:09» згідно з даними на відеоряді, на відеокадрі № 1135 (рис 1).

Наїзд на пішохода відбувся в момент часу, якому відповідає «2022-09-12 11:30:15» згідно з даними на відеоряді, на відеокадрі № 1219 (рис. 2).

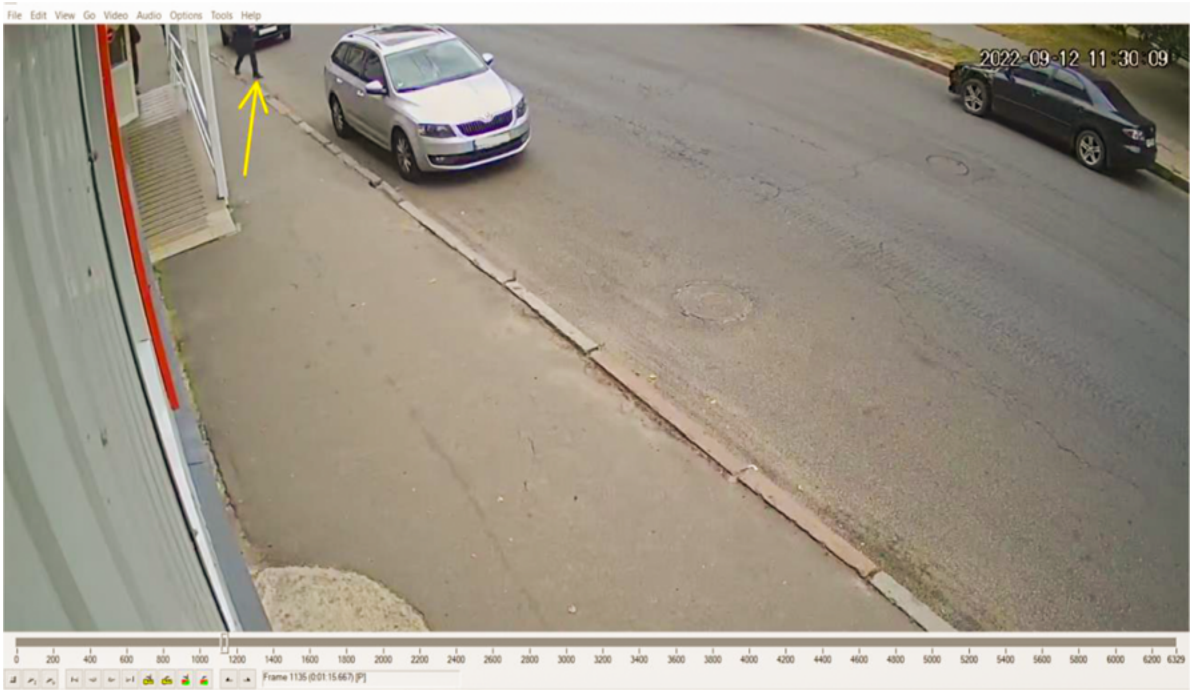

Рис. 1
Вихід пішохода на проїзну частину (фото взято з висновку експерта)

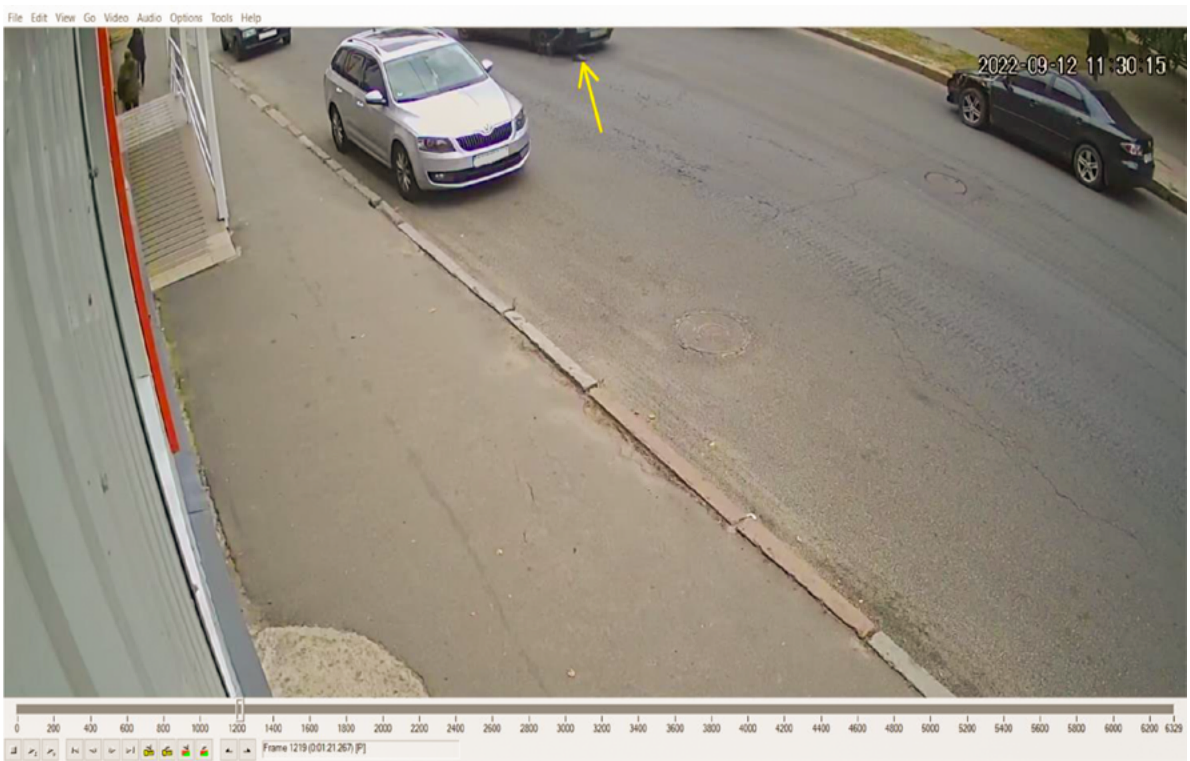

Рис. 2
Наїзд на пішохода (фото взято з висновку експерта)

Зважаючи на наведене, а також ґрунтуючись на метаданих наданого на дослідження відеозапису (рис. 3), визначено час руху пішохода через проїзну частину до моменту наїзду за формулою

$$t_{\text{п}} = \frac{\text{К}_{\text{н}} - \text{К}_{\text{в}}}{\text{К}_{S}} = \frac{1219 - 1135}{15} = 5.6 \text{ с}, \tag{1}$$

де $\text{К}_{\text{н}}$ – номер кадру, де стався наїзд на пішохода: 1219 (рис. 2);

$\text{К}_{\text{в}}$ – номер кадру, де пішохід вийшов на проїзну частину: 1135 (рис. 1);

К_{S} – частота кадрів відеозапису: 15 кадрів/с (рис. 3).

Загальна інформація	
Повна назва	: D:\192.168.225.231_ch1_20220912112854_20220912113556.mp4
Формат	: MPEG-4
Профіль формату	: Base Media
Ідентифікатор кодеку	: isom (isom/iso2/avc1/mp41)
Розмір файлу	: 51.1 MiБ
Тривалість	: 7 хв. 1 сек.
Загальний бітрейт	: 1 016 Кбіт/сек
Частота кадрів	: 15.000 кадрів/сек
Дата кодування	: 2022-09-12 14:06:14 UTC
Дата запису тегів	: 2022-09-12 14:06:14 UTC
Відео	
Ідентифікатор	: 1
Формат	: HEVC
Формат/Відомості	: High Efficiency Video Coding
Профіль формату	: Main@L4.1@Main
Ідентифікатор кодеку	: hev1
Ідентифікатор кодеку/Відомості	: High Efficiency Video Coding
Тривалість	: 7 хв. 1 сек.
Бітрейт	: 1 015 Кбіт/сек
Ширина кадру	: 1 920 пікселів
Висота	: 1 080 пікселів
Співвідношення сторін дисплея	: 16:9
Режим частоти кадрів	: Постійний
Частота кадрів	: 15.000 кадрів/сек
Простір кольору	: YUV
Колірна субдискретизація	: 4:2:0
Бітова глибина	: 8 бітів
Біт/(Пікселі*Кадри)	: 0.033
Розмір потоку	: 51.0 MiБ (100%)
Дата кодування	: 2022-09-12 14:06:14 UTC
Дата запису тегів	: 2022-09-12 14:06:14 UTC
Діапазон кольору	: Full
Основні кольори	: BT.601 PAL
Характеристики трансферу	: BT.601
Коефіцієнти матриці	: BT.470 System B/G
Поле конфігурації кодеку	: hvcC

Рис. 3
Метадані наданого на дослідження відеозапису (взято з висновку експерта)

Дослідженням наданого відеозапису також встановлено, що автомобіль Opel Vectra зупинився після наїзду в момент часу, якому відповідає «2022-09-12 11:30:17» згідно з даними на відеоряді, на відеокадрі № 1248 (рис. 4), на підставі чого визначено час руху автомобіля після наїзду до зупинення за формулою

$$t_{\text{m}}^{''} = \frac{\text{К}_{\text{з}} - \text{К}_{\text{н}}}{\text{К}_{S}} = \frac{1248 - 1219}{15} = 1.933 \text{ с}, \tag{2}$$

де $\text{К}_{\text{з}}$ – номер кадру, де автомобіль Opel Vectra зупинився після наїзду: 1248 (рис. 4).

У результаті дослідження встановлено, що від початку виходу пішохода на проїзну частину до моменту наїзду минуло 5.6 с, а з моменту наїзду на пішохода до зупинення автомобіля – 1.933 с.

На підставі обставин події, заданих у постанові про призначення експертизи та зафіксованих у наданій на дослідження відеограмі, експерт визначив, що в цій дорожньо-транспортній ситуації водій автомобіля Opel Vectra повинен був негайно вжити заходів для зменшення швидкості аж до зупинення транспортного засобу згідно з вимогами п. 12.3 Правил дорожнього руху, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 р. № 1306.

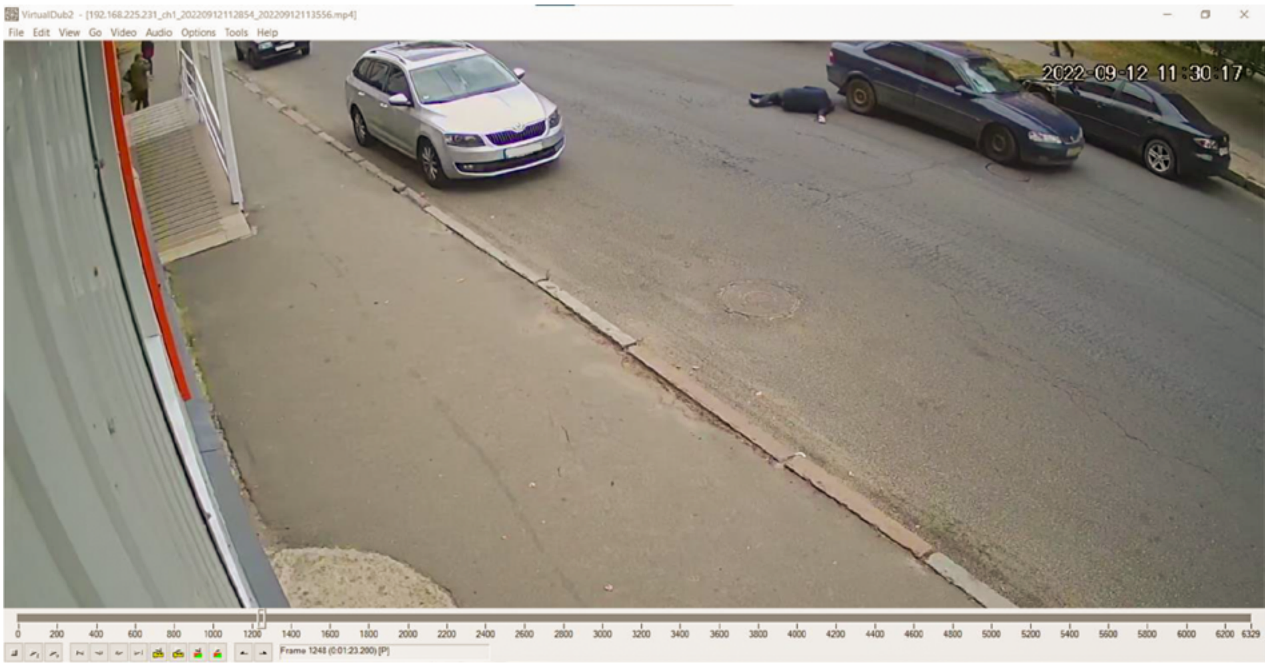

Рис. 4
Зупинення автомобіля (фото взято з висновку експерта)

Ґрунтуючись на даних про швидкість руху автомобіля, встановлено, що під час екстреного гальмування шлях загальмованого автомобіля до зупинення дорівнює 8.2…8.9 м, відповідно до розрахунку:

$$S_т = \frac{V_а^{2}}{25.92\times j_н} = \frac{40^2}{25.92\times(6.9...7.5)} = 8.2...8.9 \text{ м}, \tag{3}$$

де $V_а$ – швидкість руху автомобіля Opel Vectra: 40 км/год;

$j_н$ – табличне значення усталеного уповільнення легкового, незавантаженого автомобіля, за гальмування на горизонтальній, асфальтобетонній, сухій ділянці проїзної частини: 6.9…7.5 м/с² (Halasa et al., 1995; Zabrodskyi et al., 2007).

Отже, якщо до місця наїзду автомобіль в екстреному гальмуванні здолав 8 м, то після наїзду він зупинився б через 0.2…0.5 с, здолавши 0.2…0.9 м до зупинення (8.2…8.9 м – 8 м = 0.2…0.9 м), відповідно до розрахунку:

$$t''_т = \sqrt{\frac{2}{j}\times S''_т} = \sqrt{\frac{2}{6.9...7.5}\times(0.2...0.9)} = 0.2...0.5 \text{ с}. \tag{4}$$

Оскільки з наданого на дослідження відеозапису було встановлено, що після наїзду до зупинення автомобіль Opel Vectra рухався протягом 1.933 с, то ця обставина свідчить про те, що автомобіль перед наїздом і після наїзду рухався в стані неекстреного гальмування. Це також доводить і задана відстань 10 м, яку здолав загальмований автомобіль до місця наїзду на пішохода.

Тому постала потреба у визначенні фактичного уповільнення під час гальмування автомобіля Opel Vectra, для чого застосовано математичну модель, яка ґрунтується на рівнянні рівноуповільненого руху

$$S'_т = \frac{V_а^{2} - V_н^{2}}{25.92\times j}, \tag{5}$$

де $S'_т$ – відстань, яку здолав автомобіль Opel Vectra у гальмуванні до місця наїзду: 8…10 м;

$V_н$ – швидкість руху автомобіля Opel Vectra у момент наїзду

$$V_н = 3.6\times j\times t''_т, \tag{6}$$

де $t''_т$ – час руху загальмованого автомобіля після наїзду до зупинення: 1.933 с.

Після підстановки швидкості з формули (6) у формулу (5) формула (7) набуватиме такого вигляду:

$$S'_{\text{т}} = \frac{V_{\text{а}}^{\,2} - 3.6^2 \times j^2 \times t''^2_{\text{т}}}{25.92 \times j}. \tag{7}$$

Перетворюючи формулу (7), отримали квадратне рівняння, розв'язання якого дало значення фактичного уповільнення, що потрібно було визначити:

$$3.6^2 \times t''^2_{\text{т}} \times j^2 + 25.92 \times S'_{\text{т}} \times j - V_{\text{а}}^{\,2} = 0, \tag{8}$$

$$j = \frac{-25.92 \times S'_{\text{т}} + \sqrt{25.92^2 \times S'^{\,2}_{\text{m}} + 4 \times 3.6^2 \times t''^2_{\text{т}} \times V_{\text{а}}^{\,2}}}{2 \times 3.6^2 \times t''^2_{\text{т}}} =$$

$$= \frac{-25.92 \times 8 + \sqrt{25.92^2 \times 8^2 + 4 \times 3.6^2 \times 1.933^2 \times 40^2}}{2 \times 3.6^2 \times 1.933^2} = 4 \text{ м/с}^2, \tag{9}$$

$$j = \frac{-25.92 \times S'_{\text{т}} + \sqrt{25.92^2 \times S'^{\,2}_{\text{m}} + 4 \times 3.6^2 \times t''^2_{\text{т}} \times V_{\text{а}}^{\,2}}}{2 \times 3.6^2 \times t''^2_{\text{т}}} =$$

$$= \frac{-25.92 \times 10 + \sqrt{25.92^2 \times 10^2 + 4 \times 3.6^2 \times 1.933^2 \times 40^2}}{2 \times 3.6^2 \times 1.933^2} = 3.7 \text{ м/с}^2. \tag{10}$$

Далі визначено фактичну відстань, на якій автомобіль Opel Vectra перебував від місця наїзду на пішохода, у момент виникнення небезпеки для руху, на підставі даних про його фактичне уповільнення під час гальмування, за такою формулою:

$$S_{\text{а}} = (t_{\text{н}} - t'_{\text{т}}) \times \frac{V_{\text{а}}}{3.6} + S'_{\text{т}} = (3 - 1.1) \times \frac{40}{3.6} + 10 = 31.1 \text{ м}, \tag{11}$$

$$S_{\text{а}} = (t_{\text{н}} - t'_{\text{т}}) \times \frac{V_{\text{а}}}{3.6} + S'_{\text{т}} = (3 - 0.85) \times \frac{40}{3.6} + 8 = 31.9 \text{ м}, \tag{12}$$

де $t_{\text{н}}$ – час, протягом якого тривала небезпека для руху: 3 с;

$t'_{\text{т}}$ – час руху загальмованого автомобіля до моменту наїзду на пішохода:

$$t'_{\text{т}} = \frac{V_{\text{а}}}{3.6 \times j} - \sqrt{\left(\frac{V_{\text{а}}}{3.6 \times j}\right)^2 - \frac{2}{j} \times S'_{\text{т}}} = \frac{40}{3.6 \times 4} - \sqrt{\left(\frac{40}{3.6 \times 4}\right)^2 - \frac{2}{4} \times 8} = 0.85 \text{ с}, \tag{13}$$

$$t'_{\text{т}} = \frac{V_{\text{а}}}{3.6 \times j} - \sqrt{\left(\frac{V_{\text{а}}}{3.6 \times j}\right)^2 - \frac{2}{j} \times S'_{\text{т}}} = \frac{40}{3.6 \times 3.7} - \sqrt{\left(\frac{40}{3.6 \times 3.7}\right)^2 - \frac{2}{3.7} \times 10} = 1.1 \text{ с}. \tag{14}$$

Після цього розраховано зупинний шлях автомобіля Opel Vectra за такою формулою:

$$S_{\text{з}} = (t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3) \times \frac{V_{\text{а}}}{3.6} + \frac{V_{\text{а}}^{\,2}}{25.92 \times j_{\text{н}}} = (0.8 + 0.2 + 0.5 \times 0.25) \times \frac{40}{3.6} +$$

$$+ \frac{40^2}{25.92 \times 7.5} = 20.7 \text{ м}, \tag{15}$$

$$S_з = (t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3) \times \frac{V_а}{3.6} + \frac{V_а^{\,2}}{25.92 \times j_н} = \left(0.8 + 0.2 + 0.5 \times 0.25\right) \times \frac{40}{3.6} + \\ + \frac{40^2}{25.92 \times 6.9} = 21.4 \text{ м}, \quad (16)$$

де t_1 – ситуаційний час реакції водія: 0.8 с (Halasa et al., 1995);

t_2 – час запізнювання спрацьовування гідравлічного гальмівного приводу: 0.2 с (Halasa et al., 1995);

t_3 – час наростання уповільнення легкового автомобіля в умовах події: 0.25 с (Halasa et al., 1995; Zabrodskyi et al., 2007).

За результатами розрахунків встановлено, що відстань, на якій автомобіль Opel Vectra перебував від місця наїзду на пішохода, у момент виникнення небезпеки для руху (31.1…31.9 м), перевищувала його зупинний шлях (20.7…21.4 м – рис. 5), визначений технічними стандартами. Це свідчить про те, що гальмування автомобіля Opel Vectra не було екстреним і водій мав технічну можливість уникнути зіткнення.

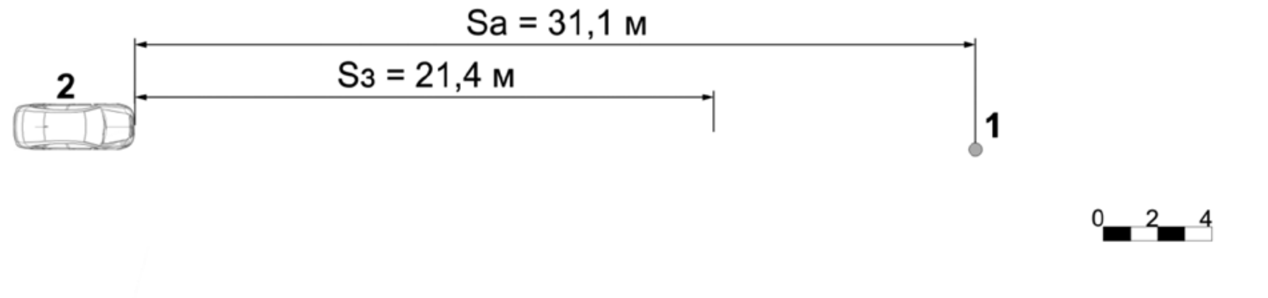

Рис. 5
Ілюстрація розрахунків: 1 – розташування місця наїзду на пішохода;
2 – віддалення автомобіля від місця наїзду у момент виникнення небезпеки для руху (взято з висновку експерта)

Висновки

За результатами дослідження можна констатувати, що гальмування, застосоване водієм, не було екстреним. Фактичне віддалення автомобіля Opel Vectra від місця наїзду на пішохода, у момент виникнення небезпеки для руху, перевищувало його зупинний шлях, тому водій мав технічну можливість запобігти наїзду на пішохода в разі вчасного гальмування. Запропонований метод дає змогу визначити фактичне уповільнення автомобіля на підставі комплексного дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди, зафіксованих у матеріалах відеозапису. Це дає судовим експертам додаткові інструменти для аналізу обставин ДТП з метою визначення її механізму та обставин.

Подяки

Автори висловлюють щиру подяку кандидату психологічних наук доценту Світлані Миколаївні Лозовій за цінні зауваження й поради, надані під час обговорення матеріалів цієї статті.

Конфлікт інтересів

Немає.

References

[1] Abdelraouf, A., Gupta, R., & Han, K. (2023). Interaction-Aware Personalized Vehicle Trajectory Prediction Using Temporal Graph Neural Networks. *arXiv:2308.07439.*
DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.07439

[2] Halasa, P. V., Kyselov, V. B., Kuibida, A. S., Lakhno, Yu. O., & Nadhornyi, H. M. (1995). *Ekspertnyi analiz dorozhno-transportnykh pryhod*. Kyiv: [b.v.] [in Ukrainian].

[3] Horodetskyi, I., Tymochko, V., Mazur, I., Horodetskyi, I., & Berezovetskyi, A. (2021). Analiz dynamiky prychyn dorozhno-transportnykh pryhod i prohnozuvannia nebezpechnykh podii [Analysis of the dynamics of causes of traffic accidents and forecasting dangerous events]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahroinzhenerni doslidzhennia,* (25), 182–188 [in Ukrainian].
DOI: https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25

[4] Kovalov, K. M., Kostiuk, S. I., Khomko, B. R., Svyrydenko, S. M., Pereidenko, A. O., Kakhnych, V. Ya., & Lytvytska, O. I. (Uklad.). (2021). *Metodyka fototekhnichnoi ekspertyzy (zahalna chastyna)*. Kyiv: DNDEKTs MVS Ukrainy (Reiestratsiinyi kod 6.1.06 u Reiestri metodyk provedennia sudovykh ekspertyz) [in Ukrainian].

[5] Lubentsov, A. V. (2019). Osoblyvosti oformlennia vysnovku sudovoi avtotekhnichnoi ekspertyzy. *Naukovyi visnyk publichnoho ta pryvatnoho prava, 3*(2), 191–195 [in Ukrainian].
DOI: https://doi.org/10.32844/2618-1258.2019.3-2.30
[6] Piatkov, M., Chyzh, O., Hnatiuk, O., & Smolinskyi, Yu. (2022). Analiz dorozhno-transportnykh pryhod i syntez faktoriv ryzyku pidsystemy "vodii – mashyna" [Analysis of traffic accidents and synthesis of risk factors systems "driver – car"]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: Viiskovi ta tekhnichni nauky*, *2*(95), 178–187 [in Ukrainian].
DOI: https://doi.org/10.32453/3.v95i2.1654
[7] Pu, Q., Xie, K., Guo, H., & Zhu, Y. (2025). Modeling crash avoidance behaviors in vehicle-pedestrian near-miss scenarios: Curvilinear time-to-collision and Mamba-driven deep reinforcement learning. *Accident; analysis and prevention*, (214), 107984.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.aap.2025.107984
[8] Reshetnikov, Ye. B. (1999). *Ekspertne doslidzhennia naizdu na pishokhoda*: navchalnyi posibnyk dlia studentiv vuziv napriamku "Transportni tekhnolohii". Kharkiv: Kharkivskyi derzhavnyi avtomobilno-dorozhnii tekhnichnyi universytet [in Ukrainian].
[9] Savova-Mratsenkova, M., & Vasilovski, B. (2024). Determining the mechanism of occurrence of a traffic accident based on data from a digital tachograph. *AIP Conference Proceedings, 3078*(1).
DOI: https://doi.org/10.1063/5.0208396
[10] Shevtcov, S. A., & Dubonos, K. V. (Sost.). (2006). *Osnovnye napravleniia razvitiia avtotekhnicheskoi ekspertizy*: informatcionnyi sbornik. Metody ekspertnogo issledovaniia. (S. I. Perlin, Obshch. Red.). Kharkov: NIEKTc pri UMVD Ukrainy v Kharkovskoi oblasti [in Russian].
[11] Shevtsov, S. O., & Dubonos, K. V. (2003). *Rozsliduvannia obstavyn dorozhno-transportnykh pryhod*: metodychni rekomendatsii. Kharkiv: Fakt [in Ukrainian].
[12] Skliarov, M. V., Lukashenko, S. S., & Korniev, O. V. (2019). Propozytsii z udoskonalennia avtotekhnichnykh ekspertyz dorozhno-transportnykh pryhod [Proposals for improvement of autoengineering examination of road accessories]. *Naukovi notatky*, (67), 128–134 [in Ukrainian].
DOI: https://doi.org/ 10.36910/6775.24153966.2019.67.20
[13] Snyder, S., Callahan, M., Wilhelm, C., Johnk, C., Lowi, A., & Bretting, G. (2025). Solving Vehicle Speed and Acceleration from Video Evidence Using Optimization. *SAE Technical Paper Series*, (1).
DOI: https://doi.org/10.4271/2025-01-8683
[14] *Statystyka DTP v Ukraini*. (n.d.). Patrulna politsiia [in Ukrainian].
https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/
[15] Terpstra, T., Dickinson, J., Hashemian, A., & Fenton, S. (2019). Reconstruction of 3D Accident Sites Using USGS LiDAR, Aerial Images, and Photogrammetry. *SAE Technical Paper Series*, (1).
DOI: https://doi.org/10.4271/2019-01-0423
[16] Volkov, V. P., Torlin, V. N., Mishchenko, V. M., Kashkanov, A. A., Kashkanov, V. A., Kuzhel, V. P., Ksenofontova, V. A., Vetrogon, A. A., & Skliarov, N. V. (2010). *Sovershenstvovanie metodov avtotekhnicheskoi ekspertizy pri dorozhno-transportnykh proisshestviiakh*: monografiia. Kharkov: KhNADU [in Russian].
[17] Zabrodskyi, V. F., Khablo, S. A. et al. (2007). *Eksperymentalno-rozrakhunkovi znachennia parametriv halmuvannia avtotransportnykh zasobiv katehorii M1 (vyrobnytstva AvtoZAZ-DEU)*: zvit nauk.-doslid. roboty (Dnipropetrovskyi NDISE). Dnipropetrovsk [in Ukrainian].

Список використаних джерел

[1] Abdelraouf A., Gupta R., Han K. Interaction-Aware Personalized Vehicle Trajectory Prediction Using Temporal Graph Neural Networks. *arXiv:2308.07439*. 2023.
DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.07439
[2] Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С., Лахно Ю. О., Надгорний Г. М. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. Київ : [б.в.], 1995. 191 с.
[3] Городецький І., Тимочко В., Мазур І., Городецький І., Березовецький А. Аналіз динаміки причин дорожньо-транспортних пригод і прогнозування небезпечних подій. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження*. 2021. № 25. С. 182–188.
DOI: https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.182
[4] Методика фототехнічної експертизи (загальна частина) / уклад. Ковальов К. М., Костюк С. І., Хомко Б. Р., Свириденко С. М., Переїденко А. О., Кахнич В. Я., Литвицька О. І. Київ : ДНДЕКЦ МВС України, 2021. 18 с. (Реєстраційний код 6.1.06 у Реєстрі методик проведення судових експертиз).
[5] Лубенцов А. В. Особливості оформлення висновку судової автотехнічної експертизи. *Науковий вісник публічного та приватного права*. 2019. № 3(2). С. 191–195.
DOI: https://doi.org/10.32844/2618-1258.2019.3-2.30
[6] П'ятков М., Чиж О., Гнатюк О., Смолінський Ю. Аналіз дорожньо-транспортних пригод і синтез факторів ризику підсистеми «водій – машина». *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : Військові та технічні науки*. 2022. № 2(95). С. 178–187.
DOI: https://doi.org/10.32453/3.v95i2.1654
[7] Pu Q., Xie K., Guo H., Zhu Y. Modeling crash avoidance behaviors in vehicle-pedestrian near-miss scenarios: Curvilinear time-to-collision and Mamba-driven deep reinforcement learning. *Accident; analysis and prevention*. 2025. No 214. 107984.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.aap.2025.107984

[8] Решетніков Є. Б. Експертне дослідження наїзду на пішохода : навч. посіб. для студ. вузів напрямку «Транспортні технології». Харків : ХДАДТУ, 1999. 89 с.
[9] Savova-Mratsenkova M., Vasilovski B. 2024. Determining the mechanism of occurrence of a traffic accident based on data from a digital tachograph. *AIP Conference Proceedings.* No 3078(1).
DOI: https://doi.org/10.1063/5.0208396
[10] Основные направления развития автотехнической экспертизы : информационный сб. Методы экспертного исследования / сост. С. А. Шевцов, К. В. Дубонос ; общ. ред. С. И. Перлина. Харьков : НИЭКЦ при УМВД Украины в Харьковской обл., 2006. 316 с.
[11] Шевцов С. О., Дубонос К. В. Розслідування обставин дорожньо-транспортних пригод : метод. рек. Харків : Факт, 2003. 191 с. : іл.
[12] Скляров М. В., Лукашенко С. С., Корнєв О. В. Пропозиції з удосконалення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод. *Наукові нотатки*. 2019. № 67. С. 128–134.
DOI: https://doi.org/ 10.36910/6775.24153966.2019.67.20
[13] Snyder S., Callahan M., Wilhelm C., Johnk C., Lowi A., Bretting G. Solving Vehicle Speed and Acceleration from Video Evidence Using Optimization. *SAE Technical Paper Series*. 2025. No 1.
DOI: https://doi.org/10.4271/2025-01-8683
[14] Статистика ДТП в Україні. *Патрульна поліція*.
URL: https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/
[15] Terpstra T., Dickinson J., Hashemian A., Fenton S. Reconstruction of 3D Accident Sites Using USGS LiDAR, Aerial Images, and Photogrammetry. *SAE Technical Paper Series*. 2019. No 1.
DOI: https://doi.org/10.4271/2019-01-0423
[16] Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях : монография / В. П. Волков, В. Н. Торлин, В. М. Мищенко, А. А. Кашканов, В. А. Кашканов, В. П. Кужель, В. А. Ксенофонтова, А. А. Ветрогон, Н. В. Скляров. Харьков : ХНАДУ, 2010. 476 с.
[17] Експериментально-розрахункові значення параметрів гальмування автотранспортних засобів категорії М1 (виробництва АвтоЗАЗ-ДЕУ) : звіт наук.-дослід. роботи / В. Ф. Забродський, С. А. Хабло та ін. ; Дніпропетр. НДІСЕ. Дніпропетровськ, 2007.

Стаття надійшла до редакції 31.07.2025
Рецензовано 28.10.2025

O. Kucheriavenko,
Head Forensic Expert
Department of Automotive Investigations,
Kharkiv Scientific Research
Forensic Center, MIA of Ukraine
34 Kovtuna St., Kharkiv, 61191, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-2521-4457
email: oleg3791@ukr.net
S. Danets,
Cand. Sc. (Technical),
First Deputy Head,
Kharkiv Scientific Research
Forensic Center, MIA of Ukraine
34 Kovtuna St., Kharkiv, 61191, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4155-1856
email: danez@ukr.net

DETERMINATION OF THE TECHNICAL ABILITY TO AVOID PEDESTRIAN COLLISION IN CASE OF NON-EMERGENCY BRAKING OF A PASSENGER CAR UNDER LIMITED INITIAL DATA CONDITIONS

Abstract. The article proposes a method for determining the mechanism and circumstances of a road traffic incident when certain initial data are missing. The study is based on the analysis of a specific traffic event in which a vehicle was moving at a given speed and collided with a pedestrian after a dangerous situation arose. Based on the provided input data – including the vehicle's speed, the distance it traveled during braking before impact, and the time of movement after contact until stop – the actual deceleration of the vehicle, its stopping distance under emergency braking, and the distance to the point of collision at the moment of danger occurrence were determined. Calculations were performed using widely accepted mechanical formulas applied in automotive forensic examinations. The scientific novelty of the research lies in the development of an approach based on the use of video recording materials to determine the temporal and spatial parameters of vehicle motion after impact, and their application as input data for establishing the circumstances of the incident. It was established that under emergency braking conditions, the vehicle's stopping distance was shorter than its distance from the collision site at the moment the danger arose. This fact confirms the objective technical possibility of avoiding the traffic accident. However, the driver did not utilize the maximum possible braking effect, resulting in a collision with the pedestrian. A comparative analysis of the obtained results proved that the driver's actions did not provide sufficient speed reduction to prevent the pedestrian collision. Furthermore, a method for determining vehicle deceleration under incident conditions is presented, taking into account temporal and spatial movement parameters after impact. This method can be used by forensic experts during automotive technical examinations of road traffic incidents. The findings are of significant importance not only for the technical assessment of driver behavior but also for improving training programs on correct actions in hazardous situations. The proposed approaches can be applied for educational purposes and in the professional development of specialists involved in the investigation of road traffic accidents.

Keywords: road traffic accident; deceleration; stopping distance; forensic automotive expertise; expert examination; road traffic rules.