

[0000-0002-9300-8911] **С. В. Ромашко,***завідувач сектору автотехнічних досліджень,*[0000-0001-7019-0602] **В. Б. Харенко,***судовий експерт сектору автотехнічних досліджень*

Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

вул. Пастерівська, 104, м. Черкаси, 18009, Україна

[0000-0002-8640-879X] **В. В. Литовченко, аспірант**[0000-0002-5881-9217] **М. В. Підгорний, к.т.н., доцент,***декан факультету комп'ютеризованих технологій машинобудування і дизайну*

Черкаський державний технологічний університет

б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

МОДЕЛІ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕХРЕСНИХ ЗІТКНЕННЯХ

Зіткнення транспортних засобів є найбільш небезпечним видом дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) за кількістю жертв і розмірами матеріальних збитків. При розслідуванні ДТП, пов'язаних із перехресними зіткненнями, виникає необхідність встановлення механізму дорожньо-транспортної пригоди, а також встановлення, який з автомобілів, що зіткнулися, першим виїхав на перехрестя. Це можливо за умови дослідження моделей руху автотранспортних засобів. У статті запропоновано підходи для удосконалення методики автотехнічної експертизи при перехресних зіткненнях.

Ключові слова: *автомобіль, зіткнення, ДТП, перехрестя, дослідження, судова експертиза.*

Вступ. Практика розслідування дорожньо-транспортних пригод (ДТП) свідчить, що в зв'язку зі специфічністю цієї категорії кримінальних справ одним із основних джерел доказів є висновок автотехнічної експертизи, яка сьогодні ґрунтується на використанні інформаційних технологій та технічних засобів (ТЗ).

Причини виникнення ДТП – результат дії двох або більше активних складових – порушень правил безпеки руху, що створюють інтегративну цілісну систему.

Механізм дорожньо-транспортної пригоди – це комплекс пов'язаних об'єктивними закономірностями обставин, які визначають процес зближення ТЗ з перешкодою перед зіткненням, взаємодію його з перешкодою при зіткненні і подальший рух ТЗ та інших відокремлених ударом об'єктів до зупинки [4].

Під зіткненням транспортних засобів розуміється подія, що виникла в результаті взаємного контакту механічних транспортних засобів в процесі їх руху і спричинила загибель або тілесні ушкодження людей, пошкодження транспортних засобів, споруд, вантажів або інший матеріальний збиток [2].

У процесі зіткнень автомобілі, пасажир і водії піддаються дії ударних навантажень, які діють протягом короткого проміжку часу, але вплив таких навантажень є досить значним.

Класифікація видів зіткнень транспортних засобів, що відповідає потребам автотехнічної експертизи, повинна сприяти найбільш повній розробці методики експертного дослідження обставин, які визначають механізм зіткнення. Існують різні класифікації видів зіткнень транспортних засобів, які представлені в роботах таких дослідників, як В. А. Іларіонов [3], Ю. Г. Корухов [6], С. А. Євтюков, Я. В. Васильєв [7], Ю. Б. Суворов [8], Е. Р. Домке [1], Kenneth R. Agent та Jerry G. Pigman [10], Н. Ward Smith [11], В. В. Столяров [14].

Можливі варіанти видів зіткнень транспортних засобів досить вичерпно, на нашу думку, представлені в роботі Ю. Г. Корухова [6]. Спираючись на зазначену класифікацію видів зіткнень, подальше дослідження ми проводимо за алгоритмом, що відповідає закладеним у цій класифікації можливим варіантам зіткнення ТЗ.

Метою статті є моделювання механізму перехресного зіткнення транспортних засобів і дослідження особливостей їх руху для встановлення характеристик динаміки цього процесу при зіткненнях, що необхідно для вдосконалення методики з'ясування обставин ДТП при перехресному зіткненні.

Виклад основного матеріалу. За даними американської дослідницької групи Корнелівської лабораторії аеронавтики, на зустрічні зіткнення припадає 56,5 % від загальної кількості ДТП, попутні – 7,8 %, перехресні зіткнення становлять 35,7 % [5]. Дані зображено на рисунку 1.

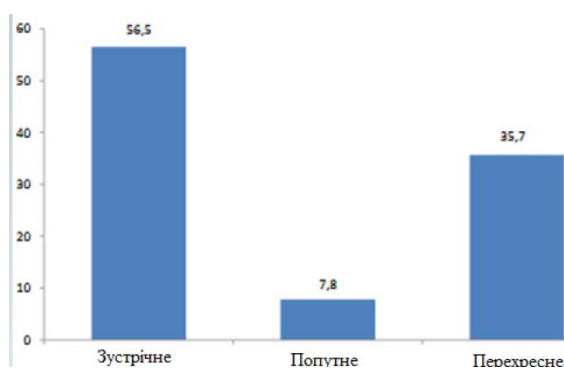


Рисунок 1 – Розподілення кількості ДТП за видами, %

Наводиться за: [5]

Зіткнення транспортних засобів є найбільш небезпечним видом ДТП за кількістю жертв і розмірами матеріальних збитків [3].

Причини зіткнень – обставини, які створили дорожню обстановку, в якій водій вчасно не виявив небезпеку зіткнення і не вжив необхідних заходів для його запобігання. Причини, що призводять до зіткнення транспортних засобів [2]:

- несправності транспортних засобів, що призводять до зміни напрямку руху або позбавляють водія зробити наступні дії: знизити швидкість, зупинитися, зробити об'їзд перешкоди;

- несприятливі дорожні умови, які призводять до безпідставної зміни напрямку руху транспортних засобів або втрати керованості (слизька проїжджа частина, різні значення коефіцієнта зчеплення під колесами);

- несприятлива дорожня обстановка. У смузі руху транспортних засобів виникає перешкода, при якій водій змушений застосу-

вати різкий маневр або гальмування, що призводить до втрати керованості транспортних засобів і виїзду «в небезпечному напрямку»;

- дії водіїв, які не відповідають вимогам Правил дорожнього руху і створюють небезпеку або перешкоду іншим учасникам руху;

- застосування прийомів управління, що призводять до втрати керованості транспортних засобів (різке гальмування при здійсненні повороту або на слизькій дорозі, крутий поворот рульового колеса при виїзді з колії);

- інші (неправильна організація руху, незадовільна видимість дорожніх знаків або їх відсутність).

Процес удару при зіткненнях поділяють на три фази [1, 4].

Перша фаза триває від моменту зіткнення тіл до моменту їх найбільшого зближення. Тривалість першої фази становить 0,05...0,10 с.

Друга фаза триває від моменту найбільшого зближення до моменту роз'єднання тіл. Тривалість другої фази становить 0,02...0,04 с.

Третя фаза – відкидання, рух після зіткнення.

Характеристика першої фази полягає в переході кінетичної енергії тіл в механічну енергію руйнування та деформацій деталей, а також в потенційну енергію і тепло. У другій фазі удару потенційна енергія пружних частин, деформованих у процесі зближення тіл, знову переходить у кінетичну енергію, сприяючи роз'єднанню тіл.

В процесі автотехнічної експертизи при дослідженні зіткнень актуальним є вироблення технології (з добором сучасного інструментарію) для встановлення механізму дорожньо-транспортної пригоди. Для відновлення механізму зіткнення транспортних засобів необхідно визначити місце ДТП, взаємне розташування транспортних засобів у момент удару, розташування на дорозі, швидкості транспортних засобів перед зіткненням. Методика експертного дослідження при встановленні механізму зіткнення залежить від виду зіткнення, що визначається характером удару: блокуюче, ковзаюче, дотичне.

Принцип модельованості полягає в тому, що складна система (ДТП) може бути представлена скінченною множиною моделей, які дають можливість досліджувати окремі

властивості або систему в цілому. Реалізація цього принципу в процесі створення інформаційних технологій на АТ дає змогу на ранніх етапах ЖЦ (НДР, проектування) отримати предметно-орієнтовані моделі об'єктів, процесів та їх властивостей, а також досліджувати їх поведінку з урахуванням різних аспектів функціонування в реальному фізичному середовищі [13].

Перехресні зіткнення поділяють на прямі та косі [12]. Прямі зіткнення – зіткнення при паралельному розташуванні поздовжньої або поперечної осі одного ТЗ та поздовжньої осі іншого (кут α_0 дорівнює $0 \dots 90^\circ$). Косі зіткнення – зіткнення, при яких поздовжні осі ТЗ розташувалися відносно одна одної під гострим кутом (кут α_0 не дорівнює $0 \dots 90^\circ$).

На рисунках 2, 3 зображено схеми прямого та косого зіткнення двох транспортних засобів.

У дорожньо-транспортних пригодах при перехресних зіткненнях транспортні засоби здійснюють складні рухи (автомобілі переміщуються відносно один одного і далеко роз'їжджаються від місця події). Робота, здійснена в процесі взаємодії транспортних засобів, визначається сумою робіт поступального і обертального руху.

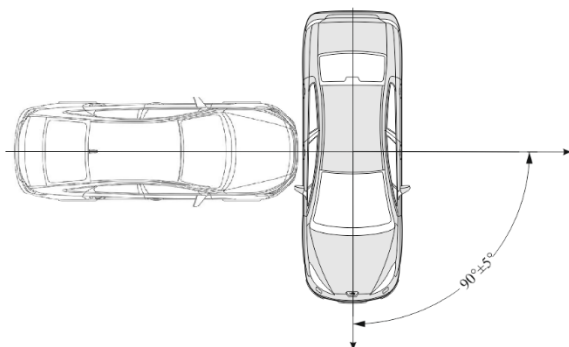


Рисунок 2 – Видгляд прямого зіткнення (зображення з транспортно-трасологічної експертизи, коли кут між поздовжніми осями транспортних засобів становить $90^\circ \pm 5$)

Пряма, що проходить через точку дотику автомобілів при їх зіткненні, спрямована паралельно відносній швидкості їх центрів тяжіння на початку зіткнення, зазвичай, називається лінією удару. Це поняття має істотне значення, адже саме по лінії удару діє ударний імпульс при зіткненні автомобілів.

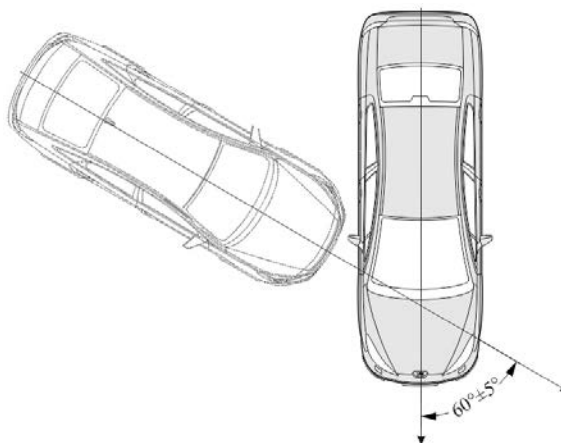


Рисунок 3 – Видгляд косого зіткнення (зображення з транспортно-трасологічної експертизи, коли кут між поздовжніми осями транспортних засобів становить $60^\circ \pm 5$)

Тому, залежно від того, як проходить лінія удару, ми розрізняємо види зіткнень. Зіткнення називається центральним, якщо лінія удару проходить через центри ваги автомобілів, в іншому випадку воно буде ексцентричним. Варто мати на увазі, що напрям лінії удару при зіткненні автомобілів залежить не тільки від напрямку руху, а й від величини швидкості руху кожного з них. Якщо швидкості руху автомобілів різні, то лінія удару буде розташована під меншим кутом до поздовжньої осі того з них, який перед зіткненням мав більшу швидкість (рисунки 4, 5) [4].

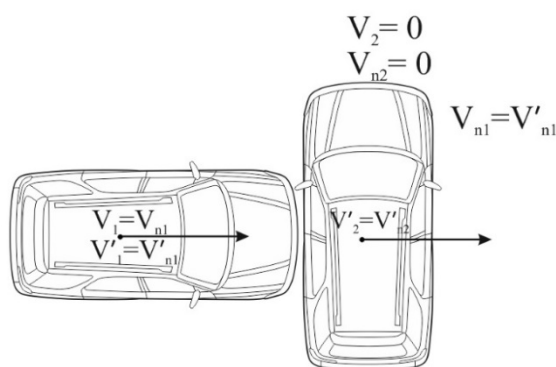


Рисунок 4 – Кінематика зіткнення автомобілів при прямому зіткненні

(V_{n1} та V_{n2} – проекції швидкостей на лінію удару першого та другого автомобіля перед зіткненням, м/с; V_{n1}^1 та V_{n2}^2 – проекції швидкостей на лінію удару першого та другого автомобіля після зіткнення, м/с)

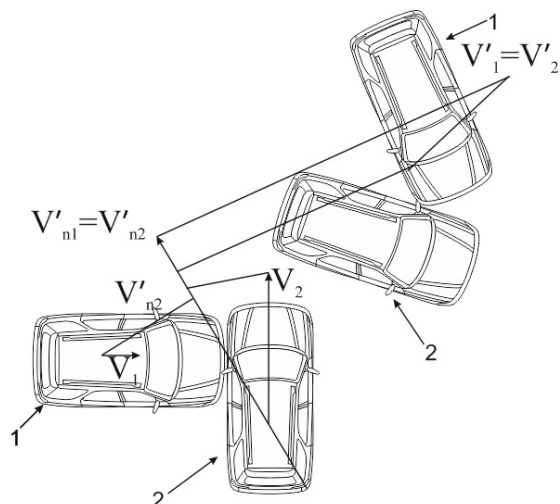


Рисунок 5 – Кінематика зіткнення автомобілів при косому зіткненні

Урахування роботи тертя шин на дорозі дає можливість отримати достовірність події та зробити правильний висновок стосовно дій учасників дорожнього руху. Приклад методу розрахунку обертання ТЗ_а при обертвовому русі на величину затрат кінетичної енергії наведено в [2, 12]. Обертання ТЗ_п можна розрахувати за кутом між поздовжніми осями автомобіля на момент зіткнення та після нього – спосіб, що використовується в експертній практиці (рисунок 6).

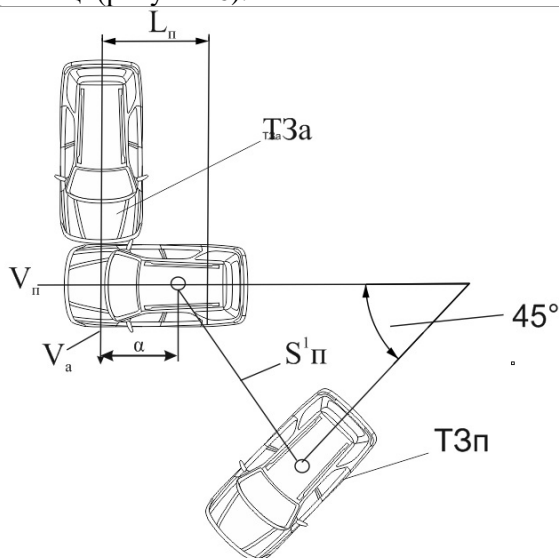


Рисунок 6 – Схема положення ТЗ_а до та після зіткнення

(ТЗ_а – транспортний засіб, який завдає удару, ТЗ_п – транспортний засіб, який отримує удар, V_а – швидкість ТЗ_а на момент удару, V_п – швидкість ТЗ_п на момент удару, S_п¹ – швидкість переміщення центру мас ТЗ_п після удару, L_п – база ТЗ_п)

Перехресні зіткнення в більшості своїй характеризуються зіткненнями, що відбуваються під прямим кутом.

Потрібно визначити, з якими швидкостями рухалися автомобілі після зіткнення, перед зіткненням, перед початком гальмування. Положення автомобілів після зіткнення визначається кутами θ та γ .

Швидкості автомобілів після зіткнення (рисунок 7):

$$V_5 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_3}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

$$V_6 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_4}, \text{ м/с}. \quad (2)$$

Для того щоб визначити швидкості автомобілів перед зіткненням, необхідно скласти рівняння збереження кількості руху. Кількість руху – величина векторна. Розкладемо кількість руху за напрямками на «х» і «у», тобто на дві складові, що збігаються з напрямком руху автомобілів до зіткнення:

- У напрямку осі «х»

$$m_1 \cdot V_3 = m_1 \cdot V_5 \cdot \cos\theta + m_2 \cdot V_6 \cdot \cos\gamma. \quad (3)$$

- У напрямку осі «у»

$$m_2 \cdot V_4 = m_1 \cdot V_5 \cdot \sin\theta + m_2 \cdot V_6 \cdot \sin\gamma. \quad (4)$$

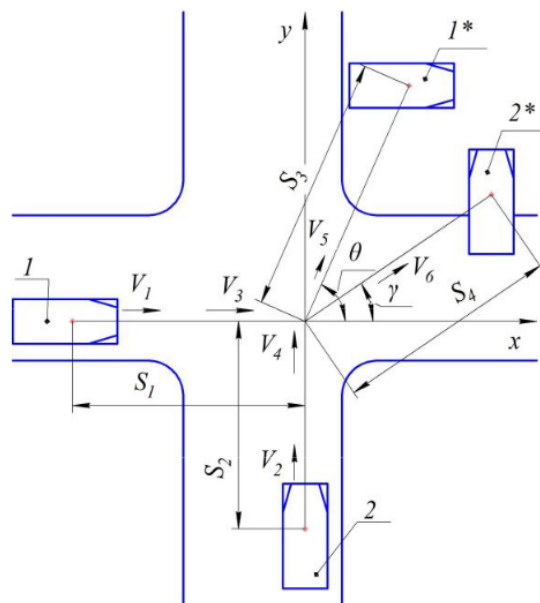


Рисунок 7 – Перехресне зіткнення автомобілів

(1, 2 – положення автомобілів на початку гальмування перед зіткненням; 1*, 2* – положення автомобілів після зупинки; S₁, S₂ – сліди ковзання автомобілів перед зіткненням; S₃, S₄ – відстань переміщення центрів тяжіння автомобілів після зіткнення; V₁, V₂ – швидкості автомобілів на початку гальмування; V₃, V₄ – швидкості автомобілів перед зіткненням; V₅, V₆ – швидкості автомобілів після зіткнення)

Швидкості автомобілів на початку гальмування:

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_1 + V_3^2}, \text{ м/с}, \quad (5)$$

$$V_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_2 + V_4^2}, \text{ м/с}. \quad (6)$$

Визначення моменту виїзду автомобіля на перехрестя. При розслідуванні ДТП, пов'язаних з перехресними зіткненнями, виникає необхідність встановити, який з автомобілів, що зіткнулися, першим виїхав на перехрестя [14, 15]. В цьому випадку можливі наступні варіанти (рисунок 8):

Варіант 1. Обидва автомобілі виїжджають на перехрестя з постійною швидкістю (без гальмування).

Час, який знадобився кожному автомобілю для проїзду від границі перехрестя до місця зіткнення:

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1}, \text{ с}, \quad (7)$$

$$t_2 = \frac{S_2}{V_2}, \text{ с}, \quad (8)$$

де S_1 та S_2 – відстань від місця зіткнення до границі перехрестя, м;

V_1 та V_2 – швидкості автомобілів перед зіткненням, м/с.

Якщо $t_1 > t_2$, то автомобіль 1 виїхав на перехрестя раніше, ніж автомобіль 2, і навпаки.

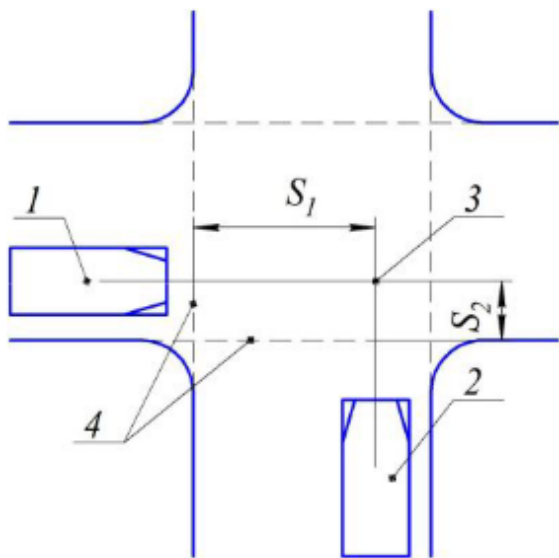


Рисунок 8 – Визначення моменту виїзду автомобілів на перехрестя при перехресному зіткненні

(1, 2 – автомобілі 1 та 2; 3 – місце зіткнення; 4 – границі перехрестя)

Варіант 2. Автомобіль 1 виїжджає на перехрестя з постійною швидкістю, а автомобіль 2 – при гальмуванні.

Час, який знадобився кожному автомобілю для проїзду від границі перехрестя до місця зіткнення:

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1}, \text{ с}, \quad (9)$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_2} - V_2}{g \cdot \varphi}. \quad (10)$$

Варіант 3. Обидва автомобілі виїжджають на перехрестя з гальмуванням.

Час, який знадобиться кожному автомобілю для проїзду від границі перехрестя до місця зіткнення:

$$t_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_1} - V_1}{g \cdot \varphi}. \quad (11)$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi \cdot S_2} - V_2}{g \cdot \varphi}. \quad (12)$$

Результати досліджень. Проаналізувавши цей метод розрахунків [1], встановлено, що він є не повною мірою ефективним і не дає можливості в повному обсязі дослідити обставини ДТП.

Для цього авторами пропонується метод розрахунків, який є доцільним для використання в експертній практиці НДЕКЦ в Черкаській області. Розглянемо зазначений метод на прикладі.

На нерегульованому та рівнозначному перехресті сталося зіткнення між автомобілями Toyota RAV4 та ВАЗ 2109. У Toyota RAV4 знаходились два пасажери, які отримали тілесні ушкодження. Дорожнє покриття – мокрий асфальт. Потребується визначити швидкість руху автомобілів перед зіткненням. Схему ДТП зображено на рисунку 9 [9].

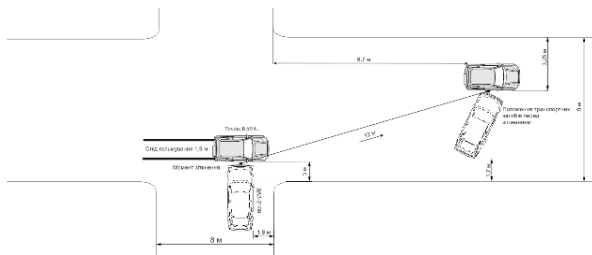


Рисунок 9 – Схема ДТП

Оскільки після зіткнення автомобілі рухались разом як одне ціле з однаковою швидкістю, доходимо висновку, що зіткнення мало характер непружного удару та було косим, ексцентричним. Все це встановлюється на основі протоколу огляду транспорту та інших матеріалів справи.

Варто сказати, що при зіткненні автомобілів, які мають непружний удар, у разі правильного визначення коефіцієнта зчеплення розрахунки проводяться більш точно, оскі-

льки тут завідомо відомо, що коефіцієнт відновлення дорівнює нулю.

Для полегшення пошуку рішення задачі проводимо вісі координат, початок яких розміщуємо у точці зіткнення автомобілів. При цьому вісь X направляємо за напрямком руху автомобіля Toyota RAV4 до зіткнення, вісь Y – за напрямком руху автомобіля ВАЗ 2109 (рисунок 10).

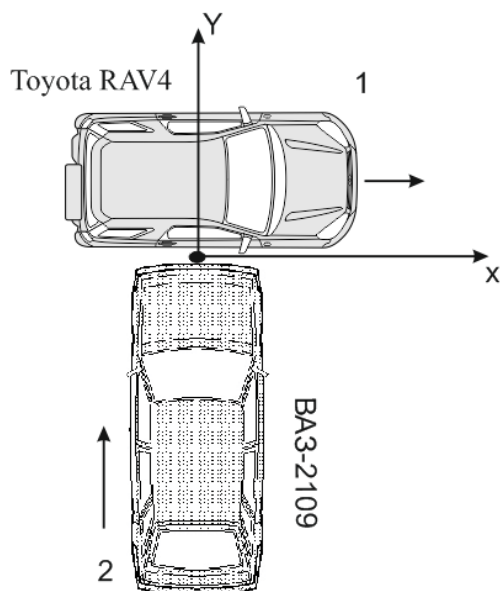


Рисунок 10 – Схема зіткнення автомобілів

На основі теореми про збереження кількості руху для автомобілів Toyota RAV4 та ВАЗ 2109 в проекції на вісь X маємо:

$$m_1 V_{1x} + m_2 V_{2x} = (m_1 + m_2) \cdot V'_{1,2x}. \quad (13)$$

В проекції на вісь Y :

$$m_1 V_{1y} + m_2 V_{2y} = (m_1 + m_2) \cdot V'_{1,2y}, \quad (14)$$

де V_{1x} – швидкість руху автомобіля Toyota RAV4 безпосередньо перед зіткненням уздовж осі X ;

$V_{2x} = 0$ – швидкість руху автомобіля ВАЗ 2109 безпосередньо перед зіткненням уздовж осі X ;

$V_{1y} = 0$ – швидкість руху автомобіля Toyota RAV4 безпосередньо перед зіткненням уздовж осі Y ;

V_{2y} – швидкість руху автомобіля ВАЗ 2109 безпосередньо перед зіткненням уздовж осі Y ;

$V_{1,2x}$ – спільна початкова швидкість руху автомобілів Toyota RAV4 та ВАЗ 2109 після зіткнення або в момент найбільшого зближення зазначених автомобілів уздовж осі X ;

$V_{1,2y}$ – спільна початкова швидкість руху автомобілів Toyota RAV4 та ВАЗ 2109 після зіткнення або в момент найбільшого зближення зазначених автомобілів уздовж осі Y ;

m_1 – маса автомобіля Toyota RAV4;

m_2 – маса автомобіля ВАЗ 2109.

Таким чином, теорема про збереження кількості руху в цьому випадку може бути виражена в наступному вигляді:

$$m_1 V_{1x} = (m_1 + m_2) \cdot V'_{1,2x}; \quad (15)$$

$$m_2 V_{1x} = (m_1 + m_2) \cdot V'_{1,2y}. \quad (16)$$

Швидкість руху автомобілів після зіткнення визначається з умови, що кінетична енергія, яка залишилася, була витрачена на переміщення автомобілів:

$$\frac{(m_1 + m_2) \cdot V_{1,2}^2}{2} = (m_1 + m_2) g \varphi_6 \cdot S, \quad (17)$$

де $V'_{1,2}$ – спільна початкова швидкість руху автомобілів після зіткнення, м/с;

$S = 12$ м – відстань, яку подолали автомобілі після зіткнення;

$\varphi_6 = 0,3$ – коефіцієнт зчеплення (бокове ковзання на мокрому асфальті).

Із рівняння (17) отримуємо наступну формулу:

$$V'_{1,2} = \sqrt{2g\varphi_6 S} \text{ м/с}; \quad (18)$$

$$V'_{1,2x} = V'_{1,2} \cos \alpha = \sqrt{2g\varphi_6 S} \cdot \cos \alpha \text{ м/с}; \quad (19)$$

$$V'_{1,2y} = V'_{1,2} \sin \alpha = \sqrt{2g\varphi_6 S} \cdot \sin \alpha. \quad (20)$$

При підстановці в рівняння формул (15) та (16) значення швидкостей руху відповідно з рівнянь (19) та (20) отримуємо такі формули для визначення швидкостей руху автомобілів перед зіткненням:

$$V_{1x} = \frac{G_1 + G_2}{G_1} \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{2g\varphi_6 S} \text{ м/с}; \quad (21)$$

$$V_{1y} = \frac{G_1 + G_2}{G_2} \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{2g\varphi_6 S} \text{ м/с}, \quad (22)$$

де $G_1 = 1685$ кг – вага автомобіля Toyota RAV4 з водієм та двома пасажирями;

$G_2 = 1065$ кг – вага автомобіля ВАЗ 2109 з водієм.

Кут α між віссю X та напрямком руху автомобілів після зіткнення знаходимо, виходячи з умови, що від місця зіткнення до місця зупинки автомобілі перемістилися у напрямку осі Y на відстань 2,75 м. Ця відстань визначається на основі схеми ДТП наступним чином:

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{a}{s} = \frac{2,75}{12} 0,229}, \quad (23)$$

$$\alpha = 13^\circ 18',$$

де $a = 2,75$ – відстань, на яку змістились автомобілі від місця зіткнення уздовж осі Y ;

$S = 12$ м – відстань, пройдена автомобілями після зіткнення;

$$\begin{aligned} \cos\alpha &= \sin(90^\circ - \alpha) = \\ &= \sin(90^\circ - 13^\circ 18') = 0,9732. \end{aligned} \quad (24)$$

Таким чином, швидкість руху автомобіля Toyota RAV4 перед зіткненням була близько 48 км/год:

$$\begin{aligned} V_{1x} &= 3,6 \frac{1685+1065}{1685} \cdot 0,9732 \cdot \\ &\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,3 \cdot 12} = 48 \text{ км/год.} \end{aligned} \quad (25)$$

Швидкість руху автомобіля ВАЗ 2109 перед зіткненням була близько 18 км/год:

$$\begin{aligned} V_{1y} &= 3,6 \frac{1685+1065}{1065} \cdot 0,9732 \cdot \\ &\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,3 \cdot 12} = 18 \text{ км/год.} \end{aligned} \quad (26)$$

Як видно зі схеми ДТП, перед зіткненням автомобіль Toyota RAV4 рухався в загальмованому стані на відстані 5,2 м. В цьому випадку його швидкість руху перед початком зіткнення розраховується за формулою

$$\begin{aligned} V_0 &= 1,8 \cdot 0,1 \frac{9,81 \cdot 0,4}{1,0} + \\ &+ \sqrt{\frac{254 \cdot 0,4 \cdot 5,2}{1,0}} + 48_2 = \\ &= 54 \text{ км/год,} \end{aligned} \quad (27)$$

де $t_3 = 0,1$ с – час наростання сповільнення;

$\varphi = 0,4$ – коефіцієнт зчеплення;

$S_4 = S_4^0 + L = 7,9 - 2,7 = 5,2$ м – довжина

сліду гальмування задніх коліс;

$S_4^0 = 7,9$ м – загальна довжина сліду гальмування;

$L = 2,7$ – база автомобіля Toyota RAV4;

$V_{1x} = 48$ км/год – швидкість руху автомобіля Toyota RAV4 перед зіткненням.

Отже, швидкість руху автомобіля Toyota RAV4 перед початком гальмування була близько 54 км/год.

Положення автомобілів після зіткнення свідчить про те, що, рухаючись разом, вони розгорнулись на деякий кут, тобто при русі після зіткнення водночас з лінійною швидкістю мали незначну кутову швидкість. Однак навіть при ретельному обліку витрати енергії на невеликий розворот не більші, ніж на 0,5 км/год. Якщо кут розвертання автомобілів після зіткнення більший 90° , то витрату енергії на розвертання необхідно враховувати.

Обговорення результатів та перспективи подальших досліджень. Оскільки метою експертного дослідження механізму при-

годи є встановлення даних, які дають можливість оцінити дії водія по запобіганню настанню шкідливих наслідків, основне значення має встановлення того, що трапилось у першій стадії механізму пригоди, тобто коли водій міг і повинен був оцінити дорожню обстановку як небезпечну та вжити необхідних заходів.

Принцип логіко-інформаційної реалізації дослідження ДТП застосовується до поданої задачі в послідовній реалізації стратегій «з минулого в сьогодення» (аналіз) та «із сьогодення в майбутнє» (синтез) [13]. Розглядаючи окремі етапи інформатизації експертних досліджень, ми простежуємо діалектичну спіраль розвитку об'єктів, процесів і систем інформатики, керування процесами їх розробки, виготовлення й експлуатації. Перший виток діалектичної спіралі забезпечує інформаційний зв'язок між функціонуванням процесів, об'єктів і систем інформатизації в минулому й НДСКЦ, організаціями та установами, що забезпечують створення й удосконалювання в майбутньому.

Висновки. У статті за допомогою моделювання і встановлення характеристик динаміки процесів при перехресному зіткненні ТЗ з'ясовано механізми зіткнення при перехресних ДТП, окреслено питання вдосконалення технології досліджень в ході експертизи, які мають значення та впливають на висновок при проведенні автотехнічної експертизи, а також вдосконалено метод розрахунків швидкості руху ТЗ при перехресному зіткненні. Застосувавши запропонований метод, визначають, з якими швидкостями рухалися автомобілі після зіткнення, перед зіткненням, перед початком гальмування. Положення автомобілів після зіткнення визначається кутами θ та γ . Зазначений метод дає можливість його подальшої реалізації засобами обчислювальної техніки.

Список використаних джерел

- [1] Э. Р. Домке, *Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий*: учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. "Организация и безопасность движения (автомоб. транспорт)", направление подготовки "Организация перевозок и упр. на транспорте". Санкт-Петербург, Россия: Академия, 2009.

- [2] В. Д. Балкин, *Экспертиза дорожно-транспортных происшествий*: учеб. пособие. Омск, Россия: СибАДИ, 2005.
- [3] В. А. Иларионов, *Экспертиза дорожно-транспортных происшествий*: учебник для вузов, Москва, Россия: Транспорт, 1989.
- [4] Н. М. Кристи, *Методические рекомендации по производству автотехнической экспертизы*: справ. пособие. Москва, Россия: ЦНИСЭ, 1971.
- [5] И. С. Степанов, Ю. Ю. Покровский, В. В. Ломакин, и Ю. Г. Москалева, *Влияние элементов системы водитель - автомобиль - дорога - среда и безопасность дорожного движения*: учеб. пособие для студентов, обучающихся по спец. "Автомобиле- и тракторостроение". Москва, Россия: МГТУ "МАМИ", 2014.
- [6] Ю. Г. Корухов, *Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях*: метод. пособие для экспертов, следователей и судей. Москва, Россия: Библиотека эксперта, 2006.
- [7] С. А. Евтюков, и Я. В. Васильев, *Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий*. Санкт-Петербург, Россия: Изд-во ДНК, 2004.
- [8] Ю. Б. Суворов, *Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП*: учеб. пособие. Москва, Россия: Экзамен, 2004.
- [9] В. А. Бекасов, Г. Я. Боград, Б. Л. Зотов, и Г. Г. Индиченко, *Автотехническая экспертиза*. Москва, Россия: Юрид. лит-ра, 1967.
- [10] Kenneth R. Agent, and Jerry G. Pigman, *A-A highway safety study*, Kentucky Transportation Center Research Report, 2000.
- [11] H. Ward Smith, "Physical evidence in the investigation of traffic accidents", *J. Crim. L. & Criminology*, 48, 1993.
- [12] Т. Г. Гасанов, и М. Р. Гусейнов, "К установлению характеристик динамики процесса столкновения транспортных средств и наезда на препятствие", *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки*, № 21, с. 77-82, 2011.
- [13] М. В. Підгорний, "Інформатизація виробничих процесів транспортної інфраструктури", *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 1, с. 14-20, 2014.
- [14] В. В. Столяров, *Экспертиза дорожно-транспортных происшествий на основе теории риска*: учеб. пособие. Саратов, Россия, 1996.
- [15] М. В. Немчинов, *Сценные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля*. Москва, Россия: Транспорт, 1985.

References

- [1] E. R. Domke, *Investigation and expertise of road traffic accidents: a textbook for university students studying in the specialty "Organization and traffic safety (motor transport)"*, the direction of training "Organization of transportation and control on transport". St. Petersburg, Russia: Academy, 2009 [in Russian].
- [2] V. D. Balkin, *Expertise of road traffic accidents: a tutorial*. Omsk, Russia: SibADI, 2005 [in Russian].
- [3] V. A. Ilarionov, *Expertise of road traffic accidents: a textbook for universities*, Moscow, Russia: Transport, 1989 [in Russian].
- [4] N. M. Christie, *Guidelines for the production of auto-technical expertise: a reference guide*, Moscow, Russia: TsNISE, 1971 [in Russian].
- [5] I. S. Stepanov, Yu. Yu. Pokrovsky, V. V. Lomakin, and Yu. G. Moskaleva, *Influence of the elements of the system driver - car - road - environment and traffic safety: a textbook for students studying in the specialty "Automotive and Tractor Engineering"*. Moscow, Russia: MGTU "MAMI", 2014 [in Russian].
- [6] Yu. G. Korukhov, *Transport and trasological expertise on cases of road traffic accidents: a method. guide for experts, investigators and judges*, Moscow, Russia: Biblioteka eksperta, 2006 [in Russian].
- [7] S. A. Evtjukov, and Ya. V. Vasiliev, *Investigation and expertise of road traffic acci-*

- dents*. St. Petersburg, Russia: Izd-vo DNK, 2004 [in Russian].
- [8] Yu. B. Suvorov, *Judicial road transport expertise. Forensic expert assessment of the actions of drivers and other persons responsible for ensuring road safety at road traffic accidents: a tutorial*, Moscow, Russia: Examen, 2004 [in Russian].
- [9] V. A. Bekasov, G. Ya. Bograd, B. L. Zotov, and G. G. Indichenko, *Automotive expertise*: Moscow, Russia: Yurid. lit-ra, 1967 [in Russian].
- [10] Kenneth R. Agent, and Jerry G. Pigman, *A-A highway safety study*, Kentucky Transportation Center Research Report, 2000.
- [11] H. Ward Smith, "Physical evidence in the investigation of traffic accidents", *J. Crim. L. & Criminology*, 48, 1993.
- [12] T. G. Gasanov, and M. R. Guseinov, "On the establishment of characteristics of the dynamics of the process of collision of vehicles and collision with an obstacle", *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki*, no. 21, pp. 77-82, 2011 [in Russian].
- [13] M. V. Pidgorniy, "Informatization of production processes in transport infrastructure", *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tekhnolohichnogo universytetu*, no. 1, pp. 14-20, 2014 [in Ukrainian].
- [14] V. V. Stolyarov, *Expertise of road traffic accidents on the basis of risk theory: a textbook*. Saratov, Russia, 1996 [in Russian].
- [15] M. V. Nemchinov, *Coupling qualities of road surfaces and the safety of car traffic*. Moscow, Russia: Transport, 1985 [in Russian].

S. V. Romashko,

head of the automotive research sector,

V. B. Kharenko,

forensic expert of the automotive research sector,

Cherkasy Scientific Research Forensic Centre of the Ministry of Internal Affairs in Ukraine

Pasterivska st., 104, Cherkasy, 18009, Ukraine

V. V. Lytovchenko, *postgraduate,*

M. V. Pidhornyy, *Ph.D., associate professor,*

Dean of the faculty of computer technologies of mechanical engineering and design

Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

MODELS OF MOTION OF MOTOR VEHICLES IN CROSS-COLLISIONS

The practice of road accident investigation shows that due to the specificity of this category of criminal cases, one of the main sources of evidence is the conclusion of auto-technical expertise, which today is based on the use of information technology and technical means. The causes of road accidents are the result of the action of two or more active components – violations of traffic safety rules, which create an integrative integral system.

The mechanism of a traffic accident is a complex of circumstances connected by objective regularities that determine the process of approaching of a vehicle with an obstacle before a collision, its interaction with an obstacle in a collision, a blow and the subsequent movement of vehicles and other objects isolated by impact to stop. The collision of vehicles is the most dangerous type of road accident in terms of the number of victims and the amount of material damage. When investigating road accidents related to cross-collisions, it becomes necessary to establish the mechanism of a road traffic accident, as well as to determine which of the cars that collided first drove to the intersection. This is possible if the models of the movement of vehicles are investigated. The purpose of the publication is to determine the features of the movement (movement model) of vehicles in cross-collisions. The main task of auto-technical expertise in collision investigation is the establishment of the mechanism of a road traffic accident. To restore the collision mechanism of vehicles, it is necessary to determine the

place of the accident, the relative position of the vehicles at the moment of impact, the location on the road, the speed of the vehicles before the collision. The method of expert research in establishing the collision mechanism depends on the type of collision, is determined by the nature of the impact: blocking, sliding, tangential. The models of the collision mechanism in cross-traffic accidents presented in the publication, the specified research issues of the expertise technology have significance and affect the conclusion during the auto-technical expertise, and the method for calculating the vehicle speed in a cross-collision has been improved. The indicated method makes it possible to further implement it by means of computer technology.

Keywords: *car, collision, road accident, intersection, research, forensic expertise.*

Стаття надійшла 19.02.2021

Прийнято 11.03.2021