

УДК 629.113

[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

[0000-0002-5881-9217]

М. В. Підгорний, *канд. техн. наук, доцент,**декан факультету комп'ютеризованих технологій машинобудування і дизайну,*

[0000-0002-8640-879X]

В. В. Литовченко, *аспірант*

Черкаський державний технологічний університет

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

МОДЕЛІ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПОЗДОВЖНІХ 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 поздовжніми зіткненнями, виникає необхідність встановлення механізму дорожньо-транспортної пригоди для повного та всебічного розслідування, а також для виконання об'єктивного висновку експерта. Цю можливість надають дослідження моделей руху автотранспортних засобів. У статті запропоновано підходи для удосконалення методу автотехнічної експертизи при поздовжніх зіткненнях.

Ключові слова: автомобіль, ДТП, дослідження, судова експертиза, автотехнічна експертиза.

Вступ. Зі збільшенням автомобільного руху зростає кількість дорожньо-транспортних пригод. Практика розслідування дорожньо-транспортних пригод (ДТП) свідчить, що в зв'язку зі складністю цієї категорії кримінальних справ висновки автотехнічної експертизи є джерелом доказів, який сьогодні ґрунтується на використанні інформаційних технологій НДЕКЦ та технічних засобів (ТЗ) [1].

Причини, що призвели до виникнення ДТП, – це результат порушення учасниками дорожнього руху правил безпеки руху, що створюють цілісну систему. У процесі зіткнень транспортні засоби, водії і пасажери піддаються дії механічних навантажень, які діють протягом нетривалого проміжку часу, але вплив таких навантажень має значний негативний характер [1].

Класифікація видів зіткнень транспортних засобів, наведена в роботі [1], відповідає потребам автотехнічної експертизи, покликана стати підґрунтям формування методології експертного дослідження обставин, що визначають механізм зіткнення ТЗ. Низка дослідни-

ків класифікували види зіткнень транспортних засобів. Ця класифікація подана в роботах дослідників В. А. Іларіонова [3]; Ю. Г. Корухова [6]; С. А. Євтюкова, Я. В. Васильєва [7]; Е. Р. Домке [1]; Ю. Б. Суворова [8]; Kenneth R. Agent та Jerry G. Pigman [10], Н. Ward Smith [11] та В. В. Столярова [14].

Представлене дослідження є продовженням [1], і, на відміну від попереднього, досліджуються моделі поздовжніх зіткнень автотранспортних засобів.

Метою статті є моделювання механізму поздовжнього зіткнення ТЗ і аналіз (дослідження) особливостей їх руху для встановлення характеристик динаміки цього процесу при зіткненнях, що необхідно для вдосконалення методів з'ясування обставин ДТП при поздовжніх зіткненнях.

Виклад основного матеріалу. В процесі автотехнічної експертизи при дослідженні зіткнень актуальним є вироблення технології (з доббором сучасного інструментарію) для встановлення механізму дорожньо-транспортної пригоди [1]. ДТП фіксується схемою пригоди, що дозволяє встановити

взаємне розташування автомобілів після скоєння зіткнення. Не завжди відомі їхні кінематичні характеристики, що передують ДТП, це може призвести до колізії при виконанні експертизи. У зв'язку з цим виникає необхідність відновлення характеристик руху учасників ДТП. Модель механізму розвитку ДТП, як правило, оцінюється на основі різних експертиз або проведення натурного моделювання. Такий підхід дозволяє дати тільки якісну оцінку ДТП, далеку від об'єктивності. Тому постає завдання формування математичної моделі, що враховує особливості руху автомобіля як динамічної системи, а також особливості непружного зіткнення автомобілів, враховуючи їх динамічні характеристики.

Для встановлення механізму зіткнення ТЗ необхідно визначити місце дорожньо-транспортної пригоди та взаємне розташування транспортних засобів у момент зіткнення, швидкості транспортних засобів перед зіткненням, розташування на смузі руху [5]. Методика експертного дослідження для встановлення механізму зіткнення залежить від виду зіткнення, що визначається його характером: дотичне, ковзаюче, блокуюче.

Принцип моделювання ДТП полягає в тому, що складна логіко-динамічна система (ДТП) представляється скінченною множиною моделей, які дають можливість дослідити окремі властивості системи або ДТП в цілому. В роботах [1, 13, 16] показано, що реалізація цього принципу в процесі створення ІТ в галузі автомобільного транспорту дає змогу на етапах НДР та проектування ЖЦ ІТ отримати предметно-орієнтовані моделі об'єктів, процесів та їх властивостей, а також дослідити їх поведінку функціонування в реальному фізичному середовищі.

Поздовжні зіткнення поділяють на зустрічне та попутне [12].

Зустрічне зіткнення – це зіткнення, при якому проекція вектора швидкості першого ТЗ на напрямок швидкості іншого ТЗ протилежна цьому напрямку. Транспортні засоби зближувались назустріч один одному з відхиленням (кут $\alpha^1 > 90^\circ$, $< 270^\circ$).

Попутне зіткнення – проекція вектора швидкості одного з ТЗ на напрямок швидкості іншого збігається з цим напрямком. ТЗ зближувались, зміщувались з відхиленням в одному напрямку (кут $\alpha^1 < 90^\circ$, $> 270^\circ$).

На рисунках 1, 2 зображено схеми зустрічного та попутного зіткнення двох транспортних засобів.

У дорожньо-транспортних пригодах під час поздовжніх зіткнень транспортні засоби здійснюють складні переміщення один відносно одного та іноді роз'їжджаються від місця пригоди. Робота, що здійснюється в процесі зіткнення транспортних засобів, визначається сумою робіт обертального і поступального рухів.

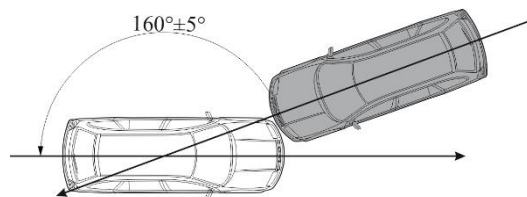


Рисунок 1 – Схема зустрічного зіткнення (подано схему, кут між поздовжніми осями транспортних засобів становить $160^\circ \pm 5^\circ$)

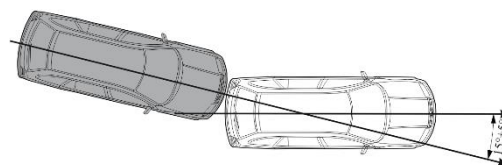
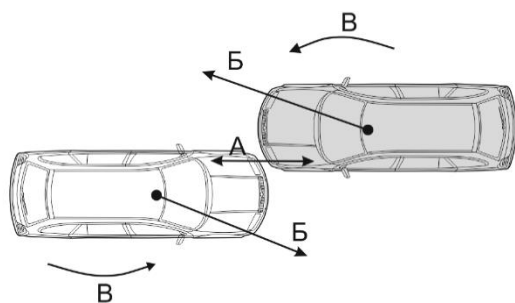


Рисунок 2 – Схема попутного зіткнення (схема транспортно-трасологічної експертизи, кут між поздовжніми осями транспортних засобів становить $15^\circ \pm 5^\circ$)

Пряма, що проходить через точку зіткнення автомобілів, спрямована паралельно відносній швидкості їх центрів мас на початковій стадії зіткнення, називається лінією удару. Це визначення має істотне значення [1], адже саме по цій лінії діє ударний імпульс при зіткненні транспортних засобів.

Залежно від того, як проходить лінія удару, розрізняються види зіткнень. Зіткнення називається центральним, якщо лінія удару проходить через центри маси транспортного засобу, в іншому випадку воно ексцентричне. Потрібно враховувати, що напрям лінії удару при зіткненні транспортних засобів залежить як від напрямку руху, так і від величини швидкості руху кожного з них. У разі, коли швидкості руху автомобілів відмінні, то лінія удару буде розташована під кутом, меншим до поздовжньої осі того з транспортних засобів, який перед зіткненням мав більшу швидкість [4] (рисунок 3).



А – лінія зіткнення;

Б – вказаний напрям переміщення після зіткнення;

В – вказаний напрям обертання автомобілів після удару

Рисунок 3 – Лінія зіткнення і передбачуваний напрям переміщення автомобілів після зіткнення

Як відомо, попутне зіткнення є одним із основних видів зіткнень, що відбуваються на дорозі. В цьому випадку обидва автотранспортні засоби рухаються одним напрямком або автомобіль, що знаходиться попереду, зупинився. Винятком є: автомобіль, що знаходиться попереду, може заднім ходом зіткнутися із заднім автомобілем, але подібні аварії трапляються досить рідко і вимагають серйозного вивчення. Місце зіткнення може бути визначене залишками скла задніх ліхтарів автомобіля (які залишаються на дорозі в місці зіткнення), що зупинився, або за місцем, де сліди ковзання ТЗ раптово відхиляються убік. Таке відхилення пояснюється тим, що автомобіль при зіткненні зазнає коливань [15].

При попутному зіткненні під час руху обох автомобілів по автомобільній смузі автомобілі можуть зупинитися в зчепленому стані або відскочити один від одного. Якщо передній автомобіль стояв або рухався з меншою швидкістю, то швидкість заднього автомобіля може бути визначена методом, запропонованим нижче.

Водночас застосовується основний принцип: збільшення в рівняннях залежностей кількості параметрів, що враховують вплив характерних для цього випадку умов.

Таким чином, при зіткненні двох ТЗ добуток їх маси на швидкість залишаються постійними до і після ДТП. Стосовно автомобілів можна замінити масу їх вагою, і тоді впливає, що добуток ваги на швидкість не змінюється при зіткненні автомобілів. Сумарна кількість

руху двох автомобілів перед зіткненням буде дорівнювати

$$W_1 v_1 + W_2 v_2,$$

де v_1 – швидкість автомобіля № 1;

v_2 – швидкість автомобіля № 2;

W_1 – маса ТЗ № 1;

W_2 – маса ТЗ № 2.

Закон збереження кількості руху свідчить про таке: якщо автомобіль № 1 після зіткнення матиме швидкість v_3 , а автомобіль № 2 матиме швидкість v_4 , то кількість руху двох автомобілів до зіткнення повинна дорівнювати кількості руху цих автомобілів після зіткнення:

$$W_1 v_1 + W_2 v_2 = W_1 v_3 + W_2 v_4. \quad (1)$$

Якщо автотранспортні засоби після зіткнення рухатимуться зі швидкістю v_3 в зчепленому стані, то рівняння (1) буде мати такий вигляд:

$$W_1 v_1 + W_2 v_2 = (W_1 + W_2) v_3. \quad (2)$$

При застосуванні цих рівнянь слід зважати на важливу особливість, що їх складовою є векторна швидкість, тобто швидкість, яка має певний напрям руху автотранспортних засобів [9].

Розглянемо тепер зіткнення автомобілів (заднє), при якому обидва автомобілі у момент зіткнення рухалися. У разі, коли автоексперт може визначити місце зіткнення, та обидва автомобілі після зіткнення ковзають до повної зупинки, то рівняння кількості руху після зіткнення має вигляд:

$$P = W_1 v_3 + W_2 v_4 = W_1 \sqrt{254 \varphi S_1} + W_2 \sqrt{254 \varphi S_2}, \quad (3)$$

де S_1 – довжина сліду ковзання автомобіля № 1;

S_2 – довжина сліду ковзання автомобіля № 2;

φ – коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям.

Слід відзначити, що чим більший коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям, тим меншу відстань долає транспортний засіб за менший час, та навпаки (коефіцієнт зчеплення на сухому асфальтобетонному покритті становить 0,7-0,8, а для мокрого асфальтобетонного покриття – 0,5-0,6).

Рівняння кількості руху до зіткнення:

$$P = W_1 v_1 + W_2 v_2, \quad (4)$$

в якому v_1 і v_2 невідомі. Проте відомо, що v_1 більше, ніж v_2 , інакше зіткнення не відбудеться. Коли прирівняти рівняння (3) та (4):

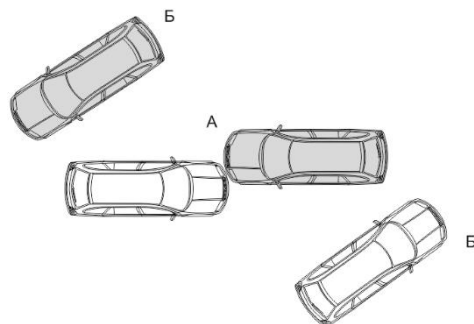
$$W_1 v_1 + W_2 v_2 = W_1 \sqrt{254 \varphi S_1} + W_2 \sqrt{254 \varphi S_2}, \quad (5)$$

в яких відомі усі величини, окрім v_1 і v_2 , то отримаємо одне рівняння з двома невідомими.

Швидкості автомобілів при задньому зіткненні не можуть бути визначені у разі, коли не буде визначена зі слів водія швидкість одного з автомобілів перед моментом зіткнення. Якщо водій другого автомобіля може повідомити, яка була швидкість його автомобіля перед зіткненням, тоді можливо визначити швидкість v_1 .

Зустрічні ексцентричні зіткнення є більш поширеними дорожньо-транспортними подіями на автомобільній смузі, що вимагають проведення експертизи. При таких зіткненнях основна увага автоексперта повинна бути спрямована на з'ясування того, на якій стороні від осової лінії смуги відбулося зіткнення. Після зіткнення автомобілі можуть відокремитися один від одного, продовжити рух і зупинитися, тому визначити місце зіткнення буде досить важко. Щодо кутових зіткнень, то вони зазвичай супроводжуються обертанням автотранспортних засобів після удару. Враховуючи те, що напрям сили при ударі не збігається з напрямом поздовжньої осі автомобілів, автомобілі зазвичай мають тенденцію до обертання.

При зустрічному ексцентричному зіткненні автотранспортних засобів лівими сторонами відбувається їх обертання проти годинникової стрілки, після чого ТЗ переміщуються один від одного (рисунк 4). Насправді переміщення і повороти ТЗ можуть бути більшими чи меншими порівняно з тим, як це подано на рисунку 4, і залежать від площі поверхні дотику при зіткненні автомобілів, стану дорожнього покриття тощо. При таких зіткненнях завжди має місце обертання і подальше переміщення автомобілів. Необхідно звернути увагу на те, що при таких зіткненнях кожний автотранспортний засіб переміщається з місця зіткнення у бік своєї сторони дороги.



А – розташування автомобілів у момент зіткнення;
Б – розташування ТЗ після зіткнення

Рисунок 4 – Типове розташування автомобіля після кутового зіткнення

Зустрічне центральне зіткнення відбувається досить рідко, оскільки водії ТЗ прагнуть ухилитися від зустрічного зіткнення, і тому більшість дорожньо-транспортних пригод супроводжуються кутовим або бічним зіткненням (ударами). Треба наголосити, що зустрічні зіткнення мають свої особливості. При такому виді зіткнення автомобілі зупиняються на місці зіткнення або переміщуються на рівні відстані, якщо їх вага та швидкості на момент зіткнення були однаковими. Якщо вага автомобілів і їх швидкості були неоднакові, легший ТЗ або такий, що рухався з меншою швидкістю, буде відкинутий назад від місця зіткнення. Автомобілі зазвичай не обертаються, і уламки від зіткнення займають невелику площу дороги. Швидкість зіткнення в цьому випадку не може бути визначена, оскільки маємо лише одне рівняння кількості руху з двома невідомими швидкостями.

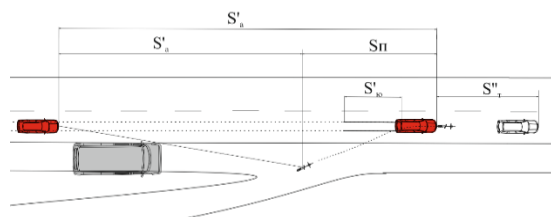
Результати досліджень. Дослідивши методи розрахунків [2, 3, 4], встановлено, що вони є не повною мірою ефективними і не дають можливості повною мірою дослідити обставини виникнення ДТП.

Для цього авторами статті запропонований метод логіко-інформаційної реалізації дослідження, який є доцільним для використання в експертній практиці НДЕКЦ України та інших держав. Розглянемо зазначений метод на прикладі.

При русі в попутному з перешкодою напрямку відстань від транспортного засобу до місця зіткнення в момент виникнення небезпеки руху залежить від моменту часу, коли водій почне гальмувати. Чим раніше він натисне на гальма, тим на більшу відстань встигає просунутись перешкода, тим далі буде місце наїзду (зіткнення). За певних умов пе-

решкода може взагалі опинитися за межами досяжності цим транспортним засобом.

Така подія виникає при раптовому виїзді велосипедиста на смугу руху транспортного засобу, що рухається зі значно більшою швидкістю. Аналогічна подія може статися за умови, що водій при обмеженій оглядовості виїздить на У-подібне перехрестя та не пропускає транспортні засоби, що рухаються в попутному напрямку по головній смузі руху (рисуюнок 5).



Рисуюнок 5 – Дорожня ситуація при попутному зіткненні

Відстань до місця зіткнення в момент виникнення небезпеки для руху, якщо б водій своєчасно загальмував, може бути вирішено за такою формулою [4]:

$$S_a = \frac{V_n}{13 \cdot J} \times \left[\Delta V + 3,6 \cdot J \cdot T - \sqrt{\Delta V^2 - 25,92 \cdot J \cdot \left(S'_a - \frac{\Delta V}{3,6} \cdot T \right)} \right] + S'_a, \quad (6)$$

де V_n – швидкість перешкоди;
 J – сповільнення при екстреному гальмуванні;
 ΔV – різниця швидкостей транспортного засобу та перешкоди, км/год;
 T – час приведення гальм в дію, с;
 S'_a – відстань від автотранспортного засобу до перешкоди в момент виникнення небезпеки, м.

Відстань S'_a визначається шляхом наступних розрахунків:

- при зіткненні в процесі гальмування транспортного засобу:

$$S'_a = S_n \cdot \left(\frac{V_a}{V_n} - 1 \right) - \left[\sqrt{\frac{V_a^2}{25,92 \cdot J}} - \sqrt{S''_T} \right]^2, \quad (7)$$

де S''_T – відстань, на яку перемістився би загальмований транспортний засіб після зіткнення до зупинки, якщо б він не був затриманий при ударі, м;

- при зіткненні до початку гальмування:

$$S'_a = S_n \cdot \left(\frac{V_a}{V_n} - 1 \right), \quad (8)$$

де S_n – відстань, яку пододала перешкода з моменту виникнення небезпеки для руху до зіткнення, м.

При зіткненні чи наїзді транспортних засобів на велосипедистів та мотоциклістів величина S''_T фактично дорівнює дійсному переміщенню транспортного засобу, що гальмує після наїзду на перешкоду до його повної зупинки.

При зіткненні транспортних засобів величина S''_T може бути визначена за формулою:

$$S''_T = \sqrt{\frac{V_a^2}{25,92 \cdot J}} - \left(S'_{ю} + \frac{V_a \cdot t_3}{7,2} \right), \quad (9)$$

де $S'_{ю}$ – довжина сліду юзу транспортного засобу до моменту зіткнення, м;

t_3 – час наростання сповільнення при екстреному гальмуванні, с.

При виведенні формули (6) враховується, що за час подолання перешкоди на відстані S_n транспортний засіб долає відстань $S_a = S'_a + S_n$, і що при своєчасному гальмуванні транспортного засобу $S_n = V_n \cdot (T + t'_T)$.

Розрахунок за формулою (6) доцільний лише при встановленні механізму пригоди. Для вирішення питання технічної можливості у водія попередити ДТП достатньо встановити знак підкореневого виразу. Якщо підкореневий вираз має від'ємне значення, це означає, що при своєчасному гальмуванні транспортним засобом дійсних значень відстані S_a не існує, тобто зіткнення з перешкодою не могло бути, та навпаки, якщо підкореневий вираз додатний, то зіткнення відбулося б і при своєчасному гальмуванні транспортного засобу. Однак для визначення доцільно користуватися виразом

$$x = \Delta V - 3,6 \cdot j \cdot T \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot S'_a}{j \cdot T^2} + 1} - 1 \right]. \quad (10)$$

Висновок про наявність у водія технічної можливості уникнути зіткнення можливо зробити, якщо $x < 0$; якщо $x > 0$, у водія була відсутня можливість уникнути зіткнення.

У випадках, коли зустрічний транспортний засіб до моменту зіткнення не загальмував, дослідження наявності у водія технічної можливості уникнути зіткнення шляхом гальмування втрачає сенс, адже зниження швидкості або навіть зупинка не виключають можливості зіткнення.

Якщо водій зустрічного транспортного засобу загальмував, при наявності необхідних вихідних даних, це експертне дослідження може бути вирішено. Для цього слід встановити місцезнаходження зустрічного транспортного засобу в момент, коли водій ще мав змогу запобігти зіткненню шляхом гальмування і оцінити виниклу дорожню обстановку.

Перш за все, визначаємо відстань від першого транспортного засобу до місця зіткнення з зустрічним транспортним засобом S_1 , в момент часу, коли водій ще мав технічну можливість запобігти зіткненню (рисунк 6):

$$S_1 = S_{o-1} + S''_{T-2}, \quad (11)$$

де S_{o-1} – зупиночний шлях певного транспортного засобу, м;

S''_{T-2} – відстань, яку подолав би від місця зіткнення, рухаючись у загальмованому стані, зустрічний автомобіль, якби його рух не був затриманий при зіткненні, м.

$$S''_{T-2} = \frac{V_{y-2}^2}{25,92 \cdot j}, \quad (12)$$

де V_{y-2} – швидкість зустрічного автотransпортного засобу безпосередньо при зіткненні, км/год, що визначається за формулою

$$V_{y-2} = \sqrt{V_2^2 - 25,92 \cdot S'_{T-2} \cdot j}, \quad (13)$$

V_2 – швидкість зустрічного автомобіля;
 S'_{T-2} – відстань, яку подолав зустрічний автомобіль у стані гальмування до моменту зіткнення, м, що визначається за формулою

$$S'_{T-2} = S'_{ю-2} + \frac{V_2 \cdot t_{3-2}}{7,2}, \quad (14)$$

$S'_{ю-2}$ – довжина сліду гальмування, що залишився від коліс зустрічного автомобіля до моменту зіткнення, м.

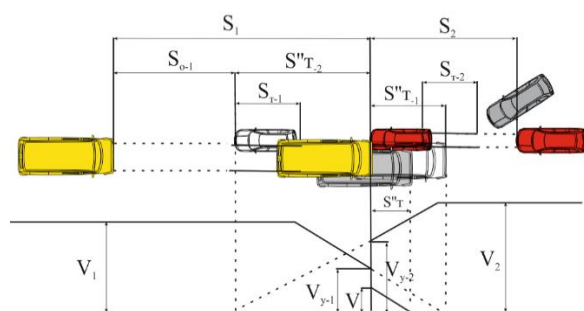


Рисунок 6 – Дорожня обстановка при зустрічному зіткненні

Після цього визначаємо відстань від зустрічного транспортного засобу до місця зіткнення з транспортним засобом S_2 в той момент, коли водій зазначеного транспортного засобу ще мав можливість уникнути зіткнення шляхом гальмування:

$$S_2 = (t - t'_{T-2}) \cdot \frac{V_2}{3,6} + S'_{T-2}, \quad (15)$$

де t – час подолання цим транспортним засобом відстані S_1 , с, визначається за формулою

$$t = \frac{S_1 - S'_{T-1}}{V_1} \cdot 3,6 + T'_{T-1}; \quad (16)$$

S'_{T-1} – відстань, яку подолав цей транспортний засіб у загальмованому стані до зіткнення, м, визначається за формулою

$$S'_{T-1} = S'_{ю-1} + \frac{V_1 \cdot t_{3-1}}{7,2}, \quad (17)$$

де $S'_{ю-1}$ – довжина сліду юзу, залишеного колесами цього транспортного засобу до зіткнення, м;

t'_{T-1} – час руху цього транспортного засобу у загальмованому стані до зіткнення, визначається за формулою

$$t'_{T-1} = \frac{V_1}{3,6 \cdot j} - \sqrt{\frac{2}{j} \cdot \left(\frac{V_1^2}{25,92 \cdot j} - S'_{T-1} \right)}; \quad (18)$$

V_1 – швидкість автотransпортного засобу до початку гальмування, км/год.

У разі, коли відстань між транспортними засобами дорівнювала $S_1 + S_2$, водій цього автотransпортного засобу міг визначити небезпеку дорожньої обстановки, з цього випливає висновок, що водій мав технічну можливість запобігти зіткненню, та навпаки.

Обговорення результатів. Оскільки метою кожного експертного дослідження механізму дорожньо-транспортної пригоди є встановлення даних, які дають можливість оцінити дії водія по уникненню шкідливих наслідків ДТП, основне значення має встановлення того, що трапилося на стадії виникнення пригоди, коли водії мали можливість і повинні були оцінити дорожню обстановку як небезпечну та вжити всіх необхідних заходів.

Застосований до цієї задачі принцип логіко-інформаційної реалізації дослідження ДТП полягає в послідовній реалізації стратегій «з минулого в сьогодення» (аналіз) [13] та «із сьогодення в майбутнє» (синтез), що подані в [13]. Розглядаючи окремі етапи інформатизації експертних досліджень, як і в дослі-

дженнях [1, 17], автори простежують діалектичну спіраль розвитку об'єктів, систем і процесів інформатизації, керування розробкою цих процесів, їх виготовлення та експлуатації. Розвиток діалектичної спіралі забезпечує інформаційний зв'язок між функціонуванням об'єктів, процесів і систем інформатизації НДЕКЦ України та організаціями і установами, що забезпечують створення й удосконалювання процесу експертних досліджень в майбутньому та полегшують реалізацію експертиз за допомогою ЕОТ.

Висновки. У статті встановлено характеристику особливостей руху транспортних засобів та динаміку процесів при подовжньому їх зіткненні. З'ясовано механізми зіткнення при подовжніх ДТП. Визначено заходи вдосконалення технології експертних досліджень, які мають вирішальне значення та впливають на висновок при проведенні автотехнічної експертизи. Зазнав вдосконалення метод встановлення механізму дорожньо-транспортної пригоди при подовжніх зіткненнях, який сьогодні застосовується підрозділом НДЕКЦ України в Черкаській області. Застосування цього методу дає змогу зробити головний висновок експертизи: чи мав водій можливість уникнути зіткнення. Запропонований у дослідженні метод може бути реалізований засобами обчислювальної техніки, що є перспективою подальших наукових досліджень систем інформатизації підрозділів НДЕКЦ України.

Список використаних джерел

- [1] С. В. Ромашко, В. Б. Харенко, В. В. Литовченко, та М. В. Підгорний, "Моделі руху автотранспортних засобів при перехресних зіткненнях", *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 1, с. 114-123, 2021.
- [2] Э. Р. Домке, *Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий*: учеб. пособие по направлению подготовки 23.03.01 "Технология транспортных процессов". Пенза, Россия: ПГУАС, 2016.
- [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-трассологическая 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] Eric R. Green, Kenneth R. Agent, Jerry G. Pigman, and Paul A. Ross, "Analysis of Traffic Crash Data in Kentucky (2012-2016)", Kentucky Transportation Center Research Report, 2017.
- [11] H. Ward Smith, "Physical evidence in the investigation of traffic accidents", *J. Crim. L. & Criminology*, no. 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] І. Б. Гевко, О. Л. Ляшук, та Р. В. Хоросун, *Конспект лекцій з дисципліни "Автотехнічна експертиза дорожньо-транспортних пригод"*, Тернопіль, Україна, 2016.
- [16] A. Sinha, S. Chand, V. Vu et al., "Crash and disengagement data of autonomous vehicles on public roads in California", *Sci. Data*, no. 8, p. 298, 2021.
- [17] D. S. Kirk, N. Cavalli, and N. Brazil, "The implications of ridehailing for risky driving and road accident injuries and fatalities", *Social Science & Medicine*, vol. 250, Article ID 112793, 2020.
- [7] S. A. Evtukov, and Ya. V. Vasiliev, *Investigation and expertise of road traffic accidents*. 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 textbook*. 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] Eric R. Green, Kenneth R. Agent, Jerry G. Pigman, and Paul A. Ross, "Analysis of Traffic Crash Data in Kentucky (2012-2016)", Kentucky Transportation Center Research Report, 2017.

References

- [1] S. V. Romashko, V. B. Kharenko, V. V. Lytovchenko, and M. V. Pidhornyy, "Models of motion of motor vehicles in cross-collisions", *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tekhnolohichnogo universytetu*, no. 1, pp. 114-123, 2021 [in Ukrainian].
- [2] E. R. Domke, *Investigation and expertise of road traffic accidents: a textbook in the direction of training 23.03.01 "Technology of transport processes"*. Penza, Russia: PGUAS, 2016 [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].
- [11] H. Ward Smith, "Physical evidence in the investigation of traffic accidents", *J. Crim. L. & Criminology*, no. 48, 1993.
- [12] T. G. Gasanov, and M. R. Guseinov, "On the establishment of characteristics of the dynamics of the process of vehicles collision 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] I. B. Gevko, O. L. Lyashuk, and R. V. Khoroshun, Summary of lectures on the discipline "Auto-technical examination of road accidents", Ternopil, Ukraine, 2016 [in Ukrainian].
- [16] A. Sinha, S. Chand, V. Vu et al., "Crash and disengagement data of autonomous vehicles on public roads in California", *Sci. Data*, no. 8, p. 298, 2021.
- [17] D. S. Kirk, N. Cavalli, and N. Brazil, "The implications of ridehailing for risky driving and road accident injuries and fatalities", *Social Science & Medicine*, vol. 250, Article ID 112793, 2020.

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 of Ukraine
Pasterivska st., 104, Cherkasy, 18009, Ukraine
M. V. Pidhornyy, *Ph. D., Associate Professor,*
Dean of the Faculty of Computer Technologies of Mechanical Engineering and Design,
V. V. Lytovchenko, *Postgraduate*
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

MODELS OF MOVEMENT OF VEHICLES IN LONGITUDINAL COLLISIONS

With the increase in traffic, the number of road accidents increases. The causes of a traffic accident are the result of two or more active violations of traffic safety rules that create an integrative integrated system.

The aim of the article is to model the mechanism of longitudinal collision of vehicles and study the peculiarities of their movement to establish the characteristics of the dynamics of this process in collisions, which is necessary to improve the methods of investigating the circumstances of traffic accidents in longitudinal collisions.

In the process of auto-technical examination in the study of collisions it is relevant to develop the technology in order to establish the mechanism of the accident. The road accident is fixed by the scheme of the accident which allows you to establish a mutual arrangement of cars after collision. Their kinematic characteristics prior to the accident are not always known, this can lead to a collision during the examination. The model of the mechanism of development of road accident, as a rule, is estimated on the basis of various examinations or carrying out full-scale modeling. This approach allows you to give only a qualitative assessment, far from objective. Therefore, the task of forming a mathematical model that takes into account the peculiarities of the movement of the car as a dynamic system arises.

To do this, the authors propose a method of logical and informational implementation of the study, which is appropriate for use in expert practice.

When an obstacle moves in the accompanying direction, the distance from the vehicle to the place of impact at the time of danger to traffic depends on when the driver starts to brake. The sooner he brakes, the longer the obstacle will move, the farther there will be the place of impact. Under certain conditions, this obstacle may even be out of reach of the vehicle. This road condition occurs when cyclists suddenly leave the lane of a car moving at a higher speed. A similar situation can arise when drivers with limited visibility go to the crossroads and do not pass vehicles moving in the same direction in the main lane.

The principle of logical and informational implementation of road accident research is applied to the given task in the consistent implementation of strategies "from the past to the present" (analysis) and "from the present to the future" (synthesis). Considering the individual stages of informatization of expert research, the authors trace the dialectical spiral of development of objects, processes and systems of informatics, management of their development and operation.

The article with the help of modeling and establishing the characteristics of the dynamics of processes in the longitudinal collision of vehicles clarifies the mechanisms of collision in longitudinal traffic accidents, outlines the measures on improvement of research technology during the examination, which are important and influence the conclusion of the auto-technical examination. The improvement of the method of establishing the mechanism of a traffic accident is proposed. The use of this method makes it possible to conclude whether the driver had the opportunity to avoid a collision. The proposed method has the ability to be implemented by means of computer technology.

Keywords: car, road accident, research, forensic examination, auto-technical examination.