

УДК.656.08

МОМЕНТ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ РУХУ ВОДІЯ В УМОВАХ НЕДОСТАТНЬОЇ ВИДИМОСТІ З УРАХУВАННЯМ ОЦІНКИ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЯ

О.В. Сараєв, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто обставини дорожньо-транспортної пригоди, коли наїзд на пішохода стався в умовах недостатньої видимості, й експерт шляхом розрахунку повинен встановити момент небезпеки для руху водія. Цей процес ускладнюється, якщо автомобіль був обладнаний антиблокувальною системою гальм та не залишив слідів гальмування на дорожньому покритті. У такому випадку відсутня чітка експертна методика дослідження. Розробку такої методики покладено в основу даної наукової роботи.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, пішохід, наїзд, видимість, гальмування, експертиза.

МОМЕНТ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ВИДИМОСТИ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

А.В. Сараев, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассмотрены обстоятельства дорожно-транспортного происшествия, когда наезд на пешехода произошел в условиях ограниченной видимости, и эксперт путем расчета должен установить момент опасности для движения водителя. Этот процесс усложняется, если автомобиль был оснащен антиблокировочной системой тормозов и не оставил следов торможения на дорожном покрытии. В этом случае отсутствует четкая экспертная методика исследования. Разработка такой методики положена в основу данной научной работы.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, пешеход, наезд, видимость, торможение, экспертиза.

THE MOMENT OF UNSAFETY FOR DRIVING IN CONDITIONS OF POOR VISIBILITY TAKING INTO ACCOUNT THE EVALUATION OF VEHICLE BRAKING EFFICIENCY

A. Sarayev, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. This study is aimed at investigation of a car collision with a pedestrian under limited visibility conditions. For this purpose an expert has to analyze the accident details and determine the critical time at which the car driver must take an action to avoid the collision. The analysis is complicated due to the fact that the vehicle is equipped with an anti-blocking braking system and does not leave a braking trace on the pavement. In this case, a relevant expert analysis technique does not exist. The development of such techniques as the basis of this scientific work is given.

Key words: accident, pedestrian, collision, visibility, braking, examination.

Вступ

Дослідження механізму дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), що пов'язана з наїздом на пішохода, – непростий і трудомісткий процес з визначенням багатьох початкових параметрів. Проте в результаті розрахунків може виявитися, що наїзд був би неминучий або, навпаки, водій мав можливість зупинити транспортний засіб (ТЗ) до лінії проходження пішохода. Дослідження значно ускладнюються, якщо наїзд стався в умовах недостатньої видимості. У цьому випадку перед дослідниками повстає два додаткових завдання – по-перше, визначити відстань видимості з місця водія і, по-друге, визначити момент виникнення небезпеки для руху водія. Якщо перше завдання виконується шляхом слідчого експерименту за встановленою методикою, то друге потребує розрахункового методу, де треба враховувати кінематику руху як ТЗ, так і пішохода. У випадку, коли наїзд стався в режимі гальмування автомобіля і відсутні сліди гальмування (юза) на дорожньому покритті, встановити момент небезпеки для руху ще важче, бо відсутня експертна методика з цього приводу. Таким чином, експерт розраховує рух ТЗ і пішохода на підставі певних припущень, а суду належить оцінити, наскільки ці припущення є правомірними й відповідають ситуації.

Аналіз публікацій

Наїзд на пішохода – це найбільш поширений та травматичний вид дорожньо-транспортної пригоди (ДТП). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, в Україні протягом останніх років кожен рік гине близько 8,5–9,5 тис. людей, з них 50 % – це пішоходи [1].

До наїзду на пішохода належать ДТП, внаслідок яких ТЗ наїхав своєю фронтальною частиною на пішохода або коли сам пішохід наткнувся на бокову поверхню проїжджаючого повз ТЗ. Пішохід – особа, яка бере участь у дорожньому русі поза транспортними засобами і не виконує на дорозі будь-якої роботи. До пішоходів прирівнюються також особи, які рухаються в інвалідних колясках без двигуна, ведуть велосипед, мопед, мотоцикл, везуть санки, візок, дитячу чи інвалідну коляску [2].

Професор Решетніков Є.Б., використовуючи розрахунково-аналітичний метод, запропонував методику дослідження процесу наїзду

на пішохода, що переміщається під довільним кутом, розглянув найскладніший розв'язок експертної задачі [3]. Це розширило спектр складних задач, пов'язаних з наїздом на пішохода, які можна дослідити аналітичним методом. Проте дана методика оперує поняттям «слід юза», у випадку відсутності якого виникають певні труднощі з розрахунками.

Продовженням цих робіт стала розробка методики дослідження складних видів наїзду на пішохода, коли сучасний ТЗ, обладнаний антиблокувальною системою гальм, під час наїзду в режимі гальмування не залишає слідів юза на дорожньому покритті [4, 5].

Мета і постановка задачі

Метою роботи є удосконалення розрахунково-аналітичного методу дослідження наїзду на пішохода, що стався в умовах обмеженої видимості, у випадку, коли автомобіль був обладнаний антиблокувальною системою гальм.

Завданням роботи є скласти розрахункову кінематичну схему дослідження ДТП; формалізувати процес виникнення моменту небезпеки для руху водія.

Розрахунок моменту небезпеки для руху водія

Згідно з Правилами дорожнього руху видимість у напрямку руху – це максимальна відстань, на якій з місця водія можна чітко розпізнати межі дороги й розташування учасників руху. Недостатньою видимою руху є видимість дороги менше 300 м, наприклад, у сутінках, уночі, в тумані, під час дощу, снігопаду тощо. В умовах недостатньої видимості водій повинен самостійно обирати безпечну швидкість руху в межах дозволеної, щоб мати можливість своєчасно зупинити ТЗ або виконати безпечний маневр. Тому оцінка безпечної швидкості руху ТЗ в умовах недостатньої видимості напряму пов'язана з гальмовою ефективністю ТЗ, а саме з його зупинним шляхом

$$S_o = T_{np} v_a + \frac{v_a^2}{2j}, \quad (1)$$

де T_{np} – сума інтервалів часу, протягом яких гальмівна система ТЗ приводиться в дію, с; v_a – швидкість руху ТЗ, м/с; j – усталене сповільнення ТЗ, м/с².

Оцінити правильність обраної водієм швидкості руху можна шляхом порівняння зупинного шляху автомобіля S_0 з відстанню видимості S_B . Відстань видимості визначається експериментально у процесі слідчого експерименту, а зупинний шлях ТЗ можна розрахувати за формулою (1).

Якщо $S_0 \leq S_B$, то водій правильно обрав швидкість руху автомобіля відповідно до умов видимості. Тоді максимально допустиму швидкість автомобіля в заданих умовах видимості можна визначити з рівності $S_0 = S_B$, куди підставимо вираз (1) і одержимо квадратне рівняння вигляду

$$\frac{v_B^2}{2j} + T_{пр} v_B - S_B = 0,$$

розв'язком якого є більше значення кореня

$$v_B = jT_{пр} \left(\sqrt{\frac{2S_B}{jT_{пр}^2} + 1} - 1 \right), \quad (2)$$

де v_B – розрахункова швидкість руху ТЗ, яку не повинен перевищувати водій у заданих умовах видимості, м/с; S_B – виміряна відстань між переднім габаритом ТЗ та об'єктом за встановленої видимості, м.

Після того, як експерт шляхом розрахунку з'ясував швидкість руху ТЗ, якої не повинен перевищувати водій у заданих умовах видимості, потрібно розрахувати розвиток механізму ДТП. Відправною точкою розрахунку механізму ДТП є встановлення моменту небезпеки для руху водія, тобто моменту, починаючи з якого водій повинен негайно вжити всіх наявних в його розпорядженні заходів

(маневр чи гальмування) для запобігання ДТП і зниження ваги його наслідку. Як правило, момент небезпеки для руху водія визначається слідчим і вказується у вихідних даних на проведення автотехнічної експертизи. Наприклад, якщо пішохід в умовах обмеженої видимості перетинає нешироку проїжджу частину, то момент небезпеки для руху водія співпадає з моментом виходу пішохода на проїжджу частину. Але в умовах недостатньої видимості водій об'єктивно міг і не бачити моменту виходу пішохода на проїжджу частину. Тому якщо при дослідженні ДТП, що сталась в умовах недостатньої видимості, у слідчого є труднощі з визначенням моменту небезпеки для руху водія, то такий момент повинен бути встановлений розрахунковим шляхом під час проведення експертизи. Для цього треба визначити час руху пішохода в зоні видимості водія $t_{п}$. При цьому необхідно враховувати, що рух автомобіля та пішохода взаємопов'язані. Об'єднуючою точкою є перетин траєкторій автомобіля та пішохода в місці наїзду. Нехай ця точка наїзду є початком відліку у прямокутній системі координат (рис. 1). Тоді, поступово відсовуючи автомобіль і пішохода від точки наїзду, потрібно визначити момент часу, коли відстань між пішоходом і водієм зрівняється з відстанню видимості $t_{п}$. З цієї миті водій об'єктивно міг бачити пішохода. Отже, це є момент виникнення небезпеки для руху водія. У момент виникнення небезпеки відстань між автомобілем і пішоходом буде рівною відстані видимості за відрахуванням відстані від передньої частини автомобіля до водія

$$S_a - v_{п} t_{п} \cos \alpha = S_w - a, \quad (3)$$

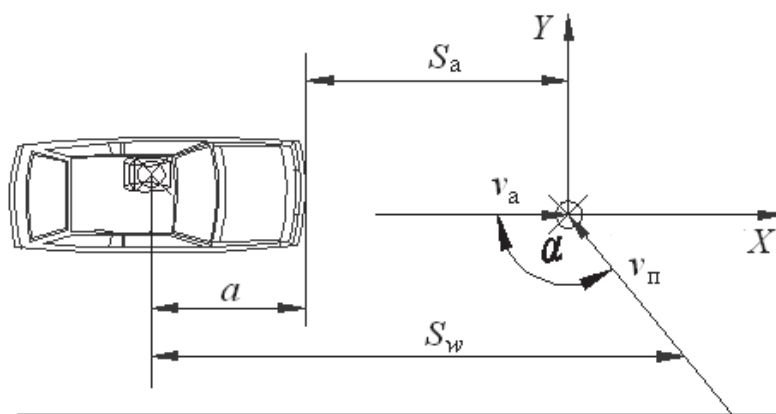


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення моменту небезпеки для руху водія

де S_a – відстань між місцем ДТП та ТЗ у момент виникнення небезпеки для руху водія, м; v_n – швидкість руху пішохода, м/с; t_n – час, який пройшов з моменту виникнення небезпеки для руху водія ТЗ до моменту наїзду (зіткнення), с; α – кут удару між ТЗ та пішоходом, градуси; S_w – відстань між водієм та пішоходом, м; a – відстань від водія до передньої габаритної частини ТЗ, м.

Якщо позначити $S_w - a = S_b$ на підставі того, що при слідчому експерименті під час встановлення відстані видимості вимірюється саме відстань між переднім габаритом ТЗ та пішоходом, отримуємо рівність

$$S_a - v_n t_n \cos \alpha = S_b. \quad (4)$$

Далі, залежно від режиму руху автомобіля, рівномірного або зі сповільненням, і типу наїзду, фронтального чи бічного, у дану рівність можна підставити замість відстані S_a відповідні розрахункові вирази. У випадку, якщо водій не здійснив гальмування та наїзд відбувся при рівномірному русі автомобіля, то відстань від автомобіля до місця наїзду в момент виникнення небезпеки складе

$$S_a = v_a t_n. \quad (5)$$

При бічному наїзді відстань S_a завжди менше переміщення автомобіля з початку небезпеки до точки наїзду на величину l_x

$$S_a = v_a t_n - l_x. \quad (6)$$

Якщо наїзд на пішохода стався в режимі гальмування автомобіля, то відстань між автомобілем і місцем наїзду в момент виникнення небезпеки можна формалізувати як

$$S_a = (t_n - t_j) v_a + \frac{(v_a^2 - v_n^2)}{2j}, \quad (7)$$

де $t_j = \frac{v_a - v_n}{2j}$ – час рівносповільненого руху ТЗ до моменту наїзду; v_n – швидкість руху ТЗ у момент наїзду на пішохода, м/с;

Якщо взяти до уваги, що при гальмуванні кінетична енергія ТЗ повністю переходить у роботу гальмівних сил, то швидкість руху ТЗ у момент наїзду на пішохода можна визначити за відомою формулою:

– при фронтальному наїзді

$$v_n = \sqrt{2jS_{nn}} \quad (8)$$

– або при бічному наїзді

$$v_n = \sqrt{2j(S_{nn} - l_x)}, \quad (9)$$

де S_{nn} – переміщення ТЗ з усталеним сповільненням від місця наїзду до зупинки, м; l_x – координата місця удару на бічній поверхні ТЗ, м.

Відстань S_{nn} встановлюється виміром під час огляду місця ДТП.

З урахуванням виразу

$$t_n = \frac{S_{nn}}{v_n}, \quad (10)$$

де S_{nn} – відстань, яку подолав пішохід з моменту виникнення небезпеки до моменту наїзду, м,

$$\text{маємо } S_a = \left(\frac{S_{nn}}{v_n} - \frac{v_a - v_n}{j} \right) v_a + \frac{(v_a^2 - v_n^2)}{2j}.$$

Розкривши дужки й виконавши необхідні перетворення, отримуємо

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{S_{nn} v_a}{v_n} - \left[\frac{(v_a - v_n) v_a}{j} - \frac{(v_a^2 - v_n^2)}{2j} \right] = \\ &= \frac{S_{nn} v_a}{v_n} - \frac{v_a^2 - 2v_a v_n + v_n^2}{2j}. \end{aligned}$$

Звідки шукана відстань від автомобіля до місця наїзду в момент виникнення небезпеки буде

$$S_a = \frac{S_{nn} v_a}{v_n} - \frac{(v_a - v_n)^2}{2j} \quad (11)$$

або

$$S_a = t_n v_a - \frac{(v_a - v_n)^2}{2j}. \quad (12)$$

У разі бічного наїзду вираз для розрахунку відстані між автомобілем і місцем наїзду буде

$$S_a = t_n v_a - \frac{(v_a - v_H)^2}{2j} - l_x. \quad (13)$$

Відповідно до отриманих виразів (5), (6), (10), (11), час t_n з моменту виникнення небезпеки до наїзду в умовах обмеженої видимості буде: – при рівномірному русі автомобіля та фронтальному наїзді

$$t_n = \frac{S_b}{v_a - v_n \cdot \cos \alpha}; \quad (14)$$

– при рівномірному русі автомобіля та бічному наїзді

$$t_n = \frac{S_b + l_x}{v_a - v_n \cdot \cos \alpha}; \quad (15)$$

– при русі автомобіля зі сповільненням і фронтальному наїзді

$$t_n = \frac{S_b + \frac{(v_a - v_H)^2}{2j}}{v_a - v_n \cdot \cos \alpha}; \quad (16)$$

– при русі автомобіля зі сповільненням і бічному наїзді

$$t_n = \frac{S_b + \frac{(v_a - v_H)^2}{2j} + l_x}{v_a - v_n \cdot \cos \alpha}. \quad (17)$$

Вирази (14)–(17) є справедливими незалежно від напрямку руху пішохода. Наприклад, якщо пішохід рухається, наближаючись до автомобіля, то $\cos \alpha$ буде зі знаком «-», тоді зменшиться час t_n .

Таким чином, у випадках, коли наїзд на пішохода стався в умовах обмеженої видимості і в режимі гальмування автомобіля, який до того ж обладнаний антиблокувальною системою гальм (тобто сліди гальмування на дорожній поверхні будуть відсутні), автором даної статті пропонується момент небезпеки для руху водія визначити за формулами (16) або (17).

У тих випадках, коли пішохід переходить проїжджу частину, а не рухається назустріч або позадвж, доцільно провести додаткові розрахунки часу руху пішохода від краю

проїжджої частини до місця наїзду відповідно до виразу (8). І якщо виявиться, що час руху пішохода проїжджою частиною менше розрахункового часу, протягом якого водій здатний бачити пішохода (14)–(17), то можна зробити зовсім інший висновок: момент небезпеки виник не тоді, коли пішохід пройшов по проїжджій частині деякий шлях і потрапив у поле зору водія, а коли пішохід тільки вийшов на проїжджу частину.

Слід пам'ятати, що в умовах недостатньої видимості в тих випадках, коли пішохід є малопомітним, а саме при світлі фар зустрічних ТЗ, неконтрастного офарблення одягу пішохода, що сприяло злиттю його з навколишнім фоном, або недостатнього освітлення ділянки дороги в час, коли стався наїзд на пішохода, згідно з експертною методикою час реакції водія треба збільшити на 0,6 с. Наприклад, якщо наїзд стався за обставин, коли пішохід раптово вийшов на проїжджу частину там, де перехід не дозволяється через зустрічний рух ТЗ, експерт мусить взяти час реакції водія 1,0 с, але якщо ДТП скоєно за тих самих обставин тільки в темний час доби при поганому освітленні дороги, експерт повинен збільшити цей час реакції водія до 1,6 с.

У випадку, якщо водій запізнився з гальмуванням або зовсім його не застосував, експерт все одно шляхом розрахунку визначає зупинний шлях автомобіля в даних дорожніх умовах (1). Після цього можна порівняти величину зупинного шляху S_0 з відстанню S_a між автомобілем і місцем наїзду в момент виникнення небезпеки (5), (6), (12), (13). На підставі результатів порівняння експерт може дійти одного з наступних висновків:

– якщо

$$S_0 < S_a, \quad (18)$$

то водій мав технічну нагоду зупинити автомобіль до місця наїзду;

– якщо

$$S_0 \geq S_a, \quad (19)$$

то водій не мав технічної нагоди зупинити автомобіль до місця наїзду при своєчасному гальмуванні.

Треба пам'ятати, що вирази (18), (19) дають однозначну відповідь, якщо пішохід перехо-

див проїжджу частину під прямим кутом або близьким до нього. Якщо ж пішохід рухався під довільним кутом і різниця між відстанями S_0 і S_a є незначною, то більш точні результати можна одержати, розглянувши гадану версію ДТП за відомою методикою.

Висновки

З розвитком конструкції автомобіля покращуються його експлуатаційні можливості. Насамперед це стосується гальмівної ефективності автомобіля. Сучасний автомобіль обладнується антиблокувальною системою гальм, яка не залишає слідів гальмування на дорожньому покритті. І в експертних методиках це треба враховувати при будь-яких видах ДТП, зокрема при наїзді на пішохода.

Запропоновано методику розрахунку моменту небезпеки для руху водія у випадку, коли стався наїзд на пішохода в умовах обмеженої видимості. Дана методика враховує той факт, що автомобіль може бути обладнаний антиблокувальною системою гальм і не залишати слідів гальмування на дорожньому покритті.

Література

1. Европейский доклад о состоянии безопасности дорожного движения / Европейское региональное бюро ВОЗ. – Копенгаген, , 2009.
2. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / Туренко А.М., Клименко В.І., Сараєв О.В., Данець С.В. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 320 с.
3. Решетников С.Б. Экспертне дослідження наїзду на пішохода: навч. посібник / С.Б. Решетников. – Х.: ХДАДТУ, 1999. – 90 с.
4. Сараєв О.В. Аналіз можливості уникнути наїзду на пішохода шляхом своєчасного гальмування / О.В. Сараєв // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 33. – С. 99–104.
5. Сараєв О.В. Проблемні питання визначення параметрів руху транспортних засобів при дослідженні ДТП / О.В. Сараєв // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 61–62. – С. 174–178.

Рецензент: С.Б. Решетников, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 17 лютого 2014 р.