

УДК.656.08

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ УНИКНУТИ НАЇЗДУ НА ПІШОХОДА ШЛЯХОМ СВОЄЧАСНОГО ГАЛЬМУВАННЯ

О.В. Сараєв, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Розглянуто такі обставини дорожньо-транспортної пригоди, при яких водій, своєчасно застосувавши гальмування, встиг би зупинити свій транспортний засіб до лінії проходження пішохода або понизити швидкість до безпечної величини, щоб пропустити пішохода.

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

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗБЕЖАТЬ НАЕЗДА НА ПЕШЕХОДА ПУТЕМ СВОЕВРЕМЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ

А.В. Сараев, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрены такие обстоятельства дорожно-транспортного происшествия, при которых водитель, своевременно применив торможение, успел бы остановить свое транспортное средство до линии следования пешехода или понизит скорость до безопасной величины, чтобы пропустить пешехода.

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

ANALYSIS OF POSSIBILITY TO AVOID A RUNNING-DOW ACCIDENT TIMELY BRAKING

A. Sarayev, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

Abstract. Such circumstances under which the driver can stop the vehicle by applying timely braking before reaching the pedestrian crossing or decrease the speed to the safe limit to avoid a running-down accident is considered.

Key words: road traffic accident, pedestrian, running-down accident, braking, examination.

Вступ

Деякі експерти вважають недоцільним дослідження можливості виходу пішохода зі смуги руху транспортного засобу (ТЗ), оскільки висновок про те, що водій міг уникнути наїзду на пішохода, дійсний лише при збереженні пішоходом темпу й напрямку руху. Але пішохід, помітивши ТЗ, що наближається, може змінити як швидкість, так і напрямок руху. Інші експерти, навпаки, підкреслюють, що припущення про постійність режиму руху пішохода є правильним. Це обґрунтовується великою кількістю психофізіологічних якостей людини. При виникненні небезпеки людина не зупиняється миттєво, а продовжує

рух за інерцією. Зупинний шлях пішохода може становити декілька метрів, тобто досягати значень, зіставних з відстанню, необхідною для переходу небезпечної зони. Таким чином, експерт розраховує рух ТЗ і пішохода на підставі певних припущень. Суду належить оцінити, наскільки ці припущення є правомірними й відповідають ситуації.

Аналіз публікацій

В.А. Іларіонов одним з перших, застосувавши розрахунково-графічний метод, запропонував методику розрахунку механізму наїзду на пішохода з урахуванням режиму руху автомобіля в момент наїзду – рівномірний рух

або зі сповільненням, характеру наїзду – фронтальний чи бічний наїзд, та напрямку руху пішохода [1, 2].

Решетніков Є.Б., використовуючи розрахунково-аналітичний метод, запропонував методику дослідження процесу наїзду на пішохода, що переміщається під довільним кутом, розглянув найскладніше розв'язання експертної задачі [3]. Це розширило спектр складних задач, пов'язаних з наїздом на пішохода, які можна дослідити аналітичним методом. Проте вказана методика не набула належного поширення в експертній практиці.

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].

У будь-якому випадку дослідження механізму події, пов'язаної 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 автомобіль до лінії проходження пішохода.

Мета і постановка задачі

Мета роботи – удосконалити аналітичний метод оцінки можливості уникнути наїзду автомобіля на пішохода.

Задачею роботи є розгляд можливості запобігання ДТП шляхом своєчасного гальмування ТЗ; аналіз можливості виходу пішохода з небезпечної зони за час гальмування ТЗ.

Розрахунковий метод аналізу можливості уникнути наїзду на пішохода

У випадку, якщо водій запізнився з гальмуванням або зовсім його не застосував, експерт шляхом розрахунку визначає зупинний шлях автомобіля в даних дорожніх умовах

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_a + \frac{v_a^2}{2j}. \quad (1)$$

Якщо пішохід рухається в попутному напрямку або переходить проїжджу частину під довільним кутом, віддаляючись від автомо-

біля, то розраховується зупинний шлях автомобіля до моменту, коли швидкість автомобіля знизиться до швидкості пішохода. Причому враховується проекція швидкості пішохода на напрямок руху автомобіля

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_a + \frac{v_a^2 - v_n^2 \cos^2 \alpha}{2j}. \quad (2)$$

Після цього можна порівняти величину зупинного шляху S_o з відстанню S_a між автомобілем і місцем наїзду в момент виникнення небезпеки. На підставі результатів порівняння експерт може дійти одного з таких висновків:

– якщо

$$S_o < S_a, \quad (3)$$

то водій мав технічну нагоду зупинити автомобіль до місця наїзду;

– якщо

$$S_o \geq S_a, \quad (4)$$

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

Вирази (3), (4) дають однозначну відповідь, якщо пішохід переходив проїжджу частину під прямим кутом. Якщо ж пішохід рухався під довільним кутом і різниця між S_o і S_a є незначною, то більш точні результати можна одержати, розглянувши висунуту версію ДТП.

У випадку, якщо водій запізнився з гальмуванням, можна розглянути такі обставини, за яких водій, своєчасно застосувавши гальмування, встиг би зупинити свій ТЗ до лінії проходження пішохода або понизити швидкість до безпечної величини, щоб пропустити пішохода.

Для цього визначається відстань S_b між ТЗ і пішоходом у момент виникнення небезпеки

$$S_b = S_a - S_n \cos \alpha, \quad (5)$$

де S_b – відстань між ТЗ і пішоходом у момент виникнення небезпеки, м.

Далі розглядається висунута версія пригоди. За умови своєчасного гальмування ТЗ збіль-

шився б час руху з моменту виникнення небезпеки до перетину з лінією проходження пішохода. Відповідно збільшилась би відстань S'_n , яку зміг би подолати пішохід. При цьому гіпотетичне місце перетину з лінією проходження пішохода перемістилося б у бік виходу пішохода з небезпечної зони, і відповідно змінилася б відстань S'_a між ТЗ і передбачуваним місцем перетину з лінією проходження пішохода в момент виникнення небезпеки (рис. 1).

Для визначення цієї відстані скористаємося кінематичним рівнянням руху

$$x = x_0 + v_0 t - \frac{j t^2}{2}, \text{ записавши його у вигляді}$$

$$S'_a = x_0 + v_0 t_j - \frac{j t_j^2}{2}, \quad (6)$$

де x_0 – початкова координата розташування ТЗ, м; v_0 – початкова швидкість ТЗ, м/с; j – сповільнення ТЗ, м/с²; t_j – інтервал часу від початку рівносповільненого руху ТЗ до моменту його перетину з лінією проходження пішохода, с.

За x_0 приймемо відстань, що проходить ТЗ з моменту виникнення небезпеки до появи усталеного сповільнення, $x_0 = v_a T_{np}$. Змінні при аналізі висунутої версії позначатимемо зі штрихом. Тоді відстань S'_a між ТЗ і місцем перетину з лінією проходження пішохода в разі своєчасного гальмування імовірно склала б

$$S'_a = v_a T_{np} + v_a t_j - \frac{j t_j^2}{2}, \quad (7)$$

де S'_a – гіпотетична відстань між ТЗ і місцем перетину з лінією проходження пішохода в разі своєчасного гальмування, м.

Пішохід у висунутій версії пройде шлях S'_n , проекція якого в напрямку руху ТЗ складе

$$S'_n \cos \alpha = v_n \cos \alpha (T_{np} + t_j), \quad (8)$$

де S'_n – відстань, яку подолав би пішохід у висунутій версії з моменту виникнення небезпеки до моменту перетинання ТЗ лінії проходження пішохода, м.

Якщо, незважаючи на своєчасне гальмування, автомобіль увійде у контакт з пішоходом, то виконуватиметься рівність

$$S'_a = S_b + S'_n \cos \alpha. \quad (9)$$

Підставивши в рівність (5) замість змінних S'_a і S'_n вирази (3), (4), одержимо рівняння другого ступеня з однією змінною t_j , яке перетвориться в наведене квадратне рівняння вигляду $x^2 + px + q = 0$. Маємо

$$t_j^2 - \frac{2(v_a - v_n \cos \alpha)t_j}{j} + \frac{2(S_b - (v_a - v_n \cos \alpha)T_{np})}{j} = 0 \quad (10)$$

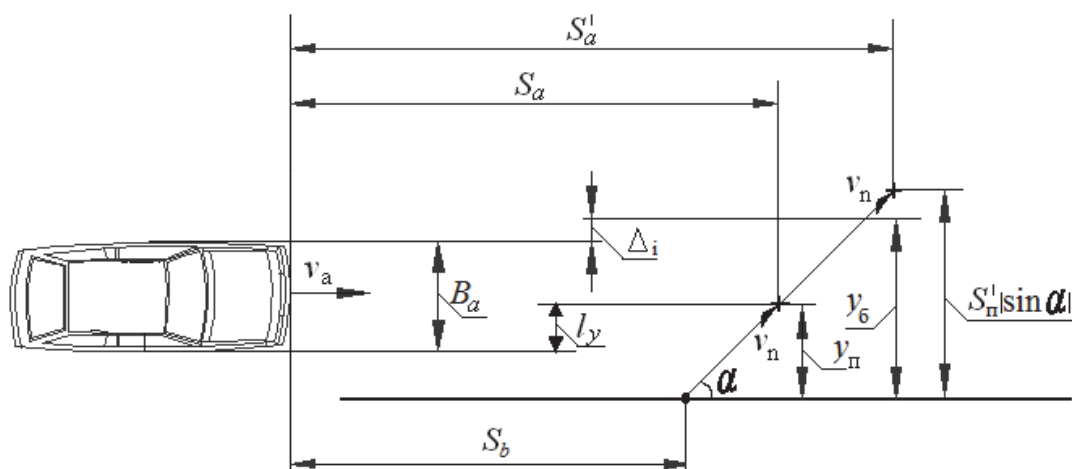


Рис. 1. Розрахункова схема до аналізу висунутої версії пригоди, якщо б водій ТЗ загальмував своєчасно

На підставі загальної формули для визначення кореня наведеного квадратного рівняння

$$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

одержимо шуканий час

$$t_j = \frac{v_a - v_n \cos \alpha}{j} - \sqrt{\left(\frac{v_a - v_n \cos \alpha}{j}\right)^2 - \frac{2(S_b - (v_a - v_n \cos \alpha)T_{np})}{j}} \quad (11)$$

Пояснення того, що перед радикалом у формулі (7) залишений тільки знак мінус, наводиться нижче.

Можливі й інші варіанти запису виразу (7), зокрема час t_j може бути визначений за таким виразом [1]

$$t_j = \frac{v_\Delta}{j} - \sqrt{\left(\frac{v_\Delta}{j}\right)^2 - \frac{2(S_b - v_\Delta T_{np})}{j}}, \quad (12)$$

де v_Δ – різниця між швидкостями ТЗ та пішохода, м/с, яка визначається за формулою $v_\Delta = v_a - v_n \cos \alpha$.

Формулу (8) зручно застосовувати при дослідженні попутного або стрічного наїзду на пішохода, коли $\cos 0^\circ = 1$ і $\cos 180^\circ = -1$.

Якщо наїзд на пішохода відбувся в режимі рівномірного руху, то $S_b = S_a - S_n \cos \alpha = t_n(v_a - v_n \cos \alpha)$ і вираз (7) набуде вигляду

$$t_j = \frac{v_a - v_n \cos \alpha}{j} - \sqrt{\left(\frac{v_a - v_n \cos \alpha}{j}\right)^2 - \frac{2(v_a - v_n \cos \alpha)(t_n - T_{np})}{j}} \quad (13)$$

Слід пам'ятати, що формулу (13) можна застосовувати тільки в тому випадку, якщо наїзд на пішохода стався в режимі рівномірного руху автомобіля, інакше можливі помилки. Формула (11) є більш універсальною та застосовується незалежно від режиму руху автомобіля.

Якщо у формулах (11)–(13) вираз під коренем (дискримінант рівняння) має знак «-», то

квадратне рівняння (10) не має дійсного кореня. Це значить, що при своєчасному гальмуванні ТЗ зупинився б до лінії проходження пішохода.

Якщо вираз під коренем дорівнює нулю, то квадратне рівняння має один дійсний корінь, а функції переміщення ТЗ і пішохода – одну загальну точку в момент, коли швидкості останніх будуть рівними. У разі можливого косого попутного наїзду це дозволяло б понизити швидкість ТЗ до безпечного рівня та практично уникнути контакту ТЗ із пішоходом. При косому стрічному наїзді можливість зупинити ТЗ до лінії проходження пішохода навіть при своєчасному гальмуванні була б відсутньою.

Якщо вираз під коренем є позитивним, то квадратне рівняння має два дійсні корені. Контакт ТЗ із пішоходом, тобто перша точка перетинання лінії проходження пішохода з'явиться за меншого значення часу (кореня). Тому перед радикалом у виразах (11), (12) береться знак мінус. У цьому випадку при своєчасному гальмуванні зупинка ТЗ до лінії проходження пішохода є неможливою й експерт повинен проаналізувати питання: чи мав пішохід можливість вийти зі смуги руху автомобіля?

Відповідно до розрахункової схеми (рис. 1) відстань, яку повинен подолати пішохід, щоб вийти зі смуги руху ТЗ, буде дорівнювати

$$y_6 = y_n + B_a - l_y + \Delta_i, \quad (14)$$

або, з урахуванням швидкості пішохода v_n та часу t_n його руху з моменту виникнення небезпеки до наїзду, цю відстань можна виразити як

$$y_6 = t_n v_n |\sin \alpha| + B_a - l_y + \Delta_i. \quad (15)$$

Безпечний інтервал визначається за формулою [1]

$$\Delta_i = 0,005 L_a v'_n, \quad (16)$$

де L_a – довжина автомобіля; v'_n – певна швидкість ТЗ (у разі його своєчасного гальмування) у момент перетинання лінії проходження пішохода, м/с.

Певна швидкість ТЗ у момент перетинання ним лінії проходження пішохода

$$v'_H = v_a - jt_j. \quad (17)$$

З емпіричною залежністю (16) не можна повністю погодитися, оскільки за малих швидкостей ТЗ, наприклад до 10 км/год, інтервал між легковим автомобілем і пішоходом становитиме менше 0,1 м. Але пішохід у розрахунках взятий за матеріальну точку, що не має своїх власних розмірів. У дійсності розміри пішохода можуть перевищувати розрахований безпечний інтервал. Тому щоб забезпечити безпечний інтервал між ТЗ і пішоходом, треба врахувати не тільки розміри коридору руху ТЗ, але й розміри пішохода, що рухається, наприклад, половину його середньостатистичної довжини кроку l_n , тобто $\Delta_i = 0,005L_a v_a + 0,5l_n$. Або взятий якийсь фіксований безпечний інтервал, наприклад, 1 м.

Взагалі, на підставі розрахункової схеми (рис. 1), умову безпечного переходу пішоходом смуги руху ТЗ можна подати таким чином

$$S'_n |\sin \alpha| > y_6; \quad (18)$$

у разі фронтального наїзду нерівність (18) набуде вигляду

$$(T_{np} + t_j)v_n |\sin \alpha| > t_n v_n |\sin \alpha| + B_a - l_y + \Delta_i; \quad (19)$$

у разі бічного наїзду

$$(T_{np} + t_j)v_n |\sin \alpha| > t_n v_n |\sin \alpha| + B_a + \Delta_i, \quad (20)$$

де l_y – координата місця удару на фронтальній поверхні ТЗ, м; B_a – ширина ТЗ, м; Δ_i – безпечний інтервал з кожного боку ТЗ при його прямолінійному русі, м.

Якщо пішохід рухався під прямим кутом до краю проїжджої частини, то при аналізі можливості виходу пішохода зі смуги руху ТЗ розрахунки можна дещо спростити, відразу розраховавши його швидкість v'_H у момент перетинання ТЗ лінії проходження пішохода (при своєчасному гальмуванні) за формулою

$$v'_H = \sqrt{2j(S_o - S_a)}. \quad (21)$$

Можливий час руху ТЗ з моменту виникнення небезпеки до лінії проходження пішохода

$$T'_H = T_{np} + \frac{(v_a - v'_H)}{j}, \quad (22)$$

де T'_H – можливий час руху ТЗ з моменту виникнення небезпеки до перетинання лінії проходження пішохода, с.

Умовою безпечного переходу смуги руху ТЗ, коли пішохід рухається під прямим кутом до краю дороги, буде:
у разі фронтального наїзду

$$T'_H v_n > t_n v_n + B_a - l_y + \Delta_i; \quad (23)$$

у разі бічного наїзду

$$T'_H v_n > t_n v_n + B_a + \Delta_i. \quad (24)$$

При дослідженні висунутої версії бічного наїзду на пішохода, перед тим як застосовувати формулу (11), необхідно спершу розрахувати можливу відстань S'_a між ТЗ і місцем перетинання ним лінії проходження пішохода в момент виникнення небезпеки, скориставшись рівнянням (6)

$$S'_a = T_{np} v_a + (t_n - T_{np}) v_a - \frac{j(t_n - T_{np})^2}{2}. \quad (25)$$

У цьому рівнянні різниця між $t_n - T_{np}$ відповідає часу гальмування t_j від початку рівносповільненого руху ТЗ до моменту перетинання ним лінії проходження пішохода. Залежно від результату розрахунку відстані S'_a можливі декілька варіантів розвитку гіпотетичної версії пригоди. Якщо $S'_a > S_a$, то відбудеться бічний наїзд на пішохода. Можливе місце удару на автомобілі знаходитиметься ближче до передньої частини автомобіля на відстані $l'_x = S'_a - S_a$, а швидкість автомобіля в момент наїзду становитиме

$$v'_H = \sqrt{2j(S_o - S'_a)}. \quad (26)$$

Якщо виконується рівність $S'_a = S_a$, то удар пішоходу буде завданий ближнім переднім кутом автомобіля, і, якщо $S'_a < S_a$, то пішохід встигне увійти до смуги руху ТЗ. У такому

разі необхідно проаналізувати висунуту версію розвитку ДТП за формулами (11), (15), (17).

Висновки

В експертній практиці, якщо водій запізнився з гальмуванням, можна розглянути такі обставини, за яких водій, своєчасно застосувавши гальмування, встиг би зупинити свій ТЗ до лінії проходження пішохода або понизити швидкість до безпечної величини, щоб пропустити пішохода.

Якщо ж пішохід рухався під довільним кутом і різниця між зупинним шляхом та відстанню до пішохода в момент виникнення небезпеки є незначною, то більш точні результати можна одержати, розглянувши висунуту версію ДТП.

У гіпотетичній версії треба шляхом розрахунку за наведеною у статті методикою проаналізувати можливість виходу пішохода з небезпечної зони за час гальмування ТЗ, з урахуванням того, що цей час збільшується за рахунок своєчасного реагування водія без урахування його реального запізнення.

Методика розрахунку наведена з урахуванням того, що ТЗ може бути обладнаний антиблокувальною системою гальм і не залишати слідів гальмування на дорожньому покритті.

Література

1. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 254 с.
2. Судебная автотехническая экспертиза: в 2 ч. / под научн. руков. В.А. Иларионова. – Ч. 2. – М.: Министерство юстиции СССР, 1980. – 490 с.
3. Решетников С.Б. Экспертне дослідження наїзду на пішохода: навч. посібник / С.Б. Решетников. – Х.: ХДАДТУ, 1999. – 90 с.
4. Туренко А.Н. Автотехническая экспертиза: учебное пособие / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, А.В. Сараев. – Х.: ХНАДУ, 2007. – 156 с.

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

Стаття надійшла до редакції 04 жовтня 2013 р.
