

УДК 656.13.084

А.А. Кашканов¹, А.А. Кашканова¹, О.Г. Грисюк²¹ Вінницький національний технічний університет² Дочірнє підприємство «Проф-Авто» ТОВ УНП «Проф-Авто» м. Бар**ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ РЕАКЦІЇ ВОДІЯ ПРИ ЕКСПЕРТИЗІ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД**

Встановлено перелік факторів впливу, обсяги досліджень та граничні значення складових часу реакції водія. Показано, що невизначеність значень часу реакції водія при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод може призвести до формулювання протилежних висновків при інтерпретації аналітичних результатів досліджень і розрахунків. З метою підвищення ефективності традиційних методів та мінімізації впливу суб'єктивних факторів при формуванні експертних висновків запропоновано до використання математичну модель оцінювання сенсомоторної фази реакції водія.

Ключові слова: водій, час реакції, невизначеність, експертиза, дорожньо-транспортна пригода.

А.А. Кашканов, А.А. Кашанова, О.Г. Грисюк

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Установлено перечень факторов влияния, объемы исследований и предельные значения составляющих времени реакции водителя. Показано, что неопределенность значений времени реакции водителя при экспертизе дорожно-транспортных происшествий может привести к формулировке противоположных выводов при интерпретации аналитических результатов исследований и расчетов. С целью повышения эффективности традиционных методов и минимизации влияния субъективных факторов при формировании экспертных выводов предложено к использованию математическую модель оценки сенсомоторной фазы реакции водителя.

Ключевые слова: водитель, время реакции, неопределенность, экспертиза, дорожно-транспортное происшествие.

A. Kashkanov, A. Kashanova, O. Grysuk

EVALUATION OF THE DRIVER'S REACTION TIME FOR THE EXAMINATION OF TRAFFIC ACCIDENTS

The list of factors of influence, volume of researches and limiting values of components of the driver reaction time are established. It is shown that the uncertainty of the values of the driver reaction time during the examination of traffic accidents can lead to the formulation of opposite conclusions in interpreting the analytical results of studies and calculations. In order to increase the effectiveness of traditional methods and minimize the influence of subjective factors in the formation of expert conclusions, the mathematical model of evaluation of the sensorimotor phase of the driver's response is proposed.

Key words: driver, reaction time, uncertainty, examination, road traffic accident.

Постановка проблеми. Розширення обсягів та сфери застосування транспортних засобів підвищує ймовірність збільшення людських та матеріальних втрат, причиною яких є аварійність на дорогах. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку у світі гинуть на дорогах близько 1,3 млн. людей, а кількість поранених складає близько 50 млн. Ця ж організація прогнозує, що у 2020 році дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) посідатимуть третє місце у світі серед причин втрати здоров'я після серцево-судинних захворювань та тяжких депресій. Україна за рівнем смертності від ДТП займає п'яте місце в Європі, причому смертність в результаті ДТП є головною причиною загибелі дітей та молоді віком від 5 до 29 років.

Основними причинами виникнення ДТП на автомобільних дорогах України є недотримання водіями і пішоходами Правил дорожнього руху (ПДР) – перевищення швидкості, порушення правил обгону, маневрування, керування транспортними засобами в нетверезому стані, перехід пішоходом проїзної частини у невстановленому місці; помилки водія в керуванні автотранспортними засобами (АТЗ); зниження працездатності водія; порушення правил експлуатації АТЗ та їх незадовільний технічний стан; поганий стан дорожнього покриття; незадовільна організація дорожнього руху [1].

За скоєння ДТП передбачена адміністративна чи кримінальна відповідальність згідно чинного законодавства України. При цьому вирішальне значення у встановленні об'єктивної та суб'єктивної сторін пригоди, визначенні винності чи невинності водія АТЗ можуть мати висновки експерта-автотехніка. ДТП можна охарактеризувати як «розлагодження» взаємодії системи водій-автомобіль-дорога-середовище. Як правило, пригоди розвиваються за декілька секунд, а інколи за долі секунди. Більшість ДТП викликається не одною, а декількома причинами [2, 3]. Це в значній

мірі ускладнює їх аналіз, який повинен виявити умови, що сприяли пригоді, та визначити дії її учасників.

Сучасна судова автотехнічна експертиза (САТЕ) є експертним дослідженням, що проводиться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану АТЗ, якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик її учасників та інших факторів [1-7].

Проведення САТЕ, як правило, пов'язано з розрахунками, для яких експерт в якості вихідних даних використовує результати тих чи інших вимірів, наданих йому слідчим або судом, а також типові довідкові дані – параметри і коефіцієнти, числові значення яких вибираються експертом самостійно із спеціальної науково-технічної і довідкової літератури у відповідності з характером та умовами скоєння ДТП [2, 5, 7]. В перелік таких характеристик і параметрів входять параметри, які характеризують ефективність гальмування АТЗ (час запізнення спрацьовування гальмової системи, час наростання сповільнення, усталене сповільнення), час реакції водія; показники якості і стану дорожнього покриття, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, відомості про швидкість руху пішоходів, ухили та радіуси повороту дороги та ін.

На сьогодні в практиці САТЕ України використовуються диференційовані значення часу реакції водія [2, 3], методично обґрунтовані та затверджені до використання в експертній практиці СРСР у 1983 році. Вони були отримані на основі експериментальних досліджень, проведених в дорожніх умовах, що відповідають характеристикам і варіантам дорожньо-транспортних ситуацій (ДТС). Дослідження проводились під керівництвом Е. М. Лобанова (Московський автодорожній інститут - МАДИ), Н. М. Крісті (Всесоюзний науково-дослідний інститут судових експертиз - ВНИИСЭ), О. В. Лукошавичене (Вільнюський інженерно-будівельний інститут), В. М. Сегеркранца (Талліннський політехнічний інститут), Р. Т. Мушегяна (Науково-дослідний інститут автомобільного транспорту - НИИАТ), Ю. Б. Суворова, А. К. Гордєєвої (ВНИИСЭ).

Обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів можливо забезпечити лише за умови достовірності вихідних даних. Відома методика використання диференційованих значень часу реакції водія в багатьох випадках залежна від суб'єктивного вибору експертом усереднених показників відповідно до характеристики ДТС [2, 3, 6]. У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення шляхів підвищення ефективності традиційних методів та мінімізації впливу суб'єктивних факторів при формуванні експертних висновків за результатами дослідження ДТП з оцінюванням сенсомоторної фази реакції водія.

Результати досліджень. Реакція – це дія організму у відповідь на який-небудь подразник. Вся діяльність водія являє собою суцільний ланцюг різних реакцій [8-11]. Несвоєчасні або неточні реакції приводять до підвищення небезпеки руху. Час реакції людини в різних аспектах вивчається психологами, фізіологами та інженерами. Реакції бувають прості і складні. Проста реакція – це дія у відповідь на одиночний сигнал (світловий, звуковий, тактильний), яка характеризує, насамперед, швидкість передачі сигналів у нервовій системі. Контроль простої реакції часто використовується в психології та фізіології як індикатор стану центральної нервової системи людини та є одним із критеріїв професійної придатності спеціаліста – водія автомобіля, машиніста електропоїзда, пілота літака. Якщо при виконанні рушійного процесу необхідно вибрати одну або кілька конкретних дій із ряду можливих, то реакція називається складною. Саме така реакція цікавить експерта-автотехніка при проведенні автотехнічної експертизи ДТП.

Ситуаційний час реакції водія t_1 (рис. 1), тобто інтервал часу від моменту появи подразника в полі зору водія до початку впливу останнього на органи керування автомобілем (важель гальма, зчеплення, акселератора, кермо), залежить від багатьох факторів: вік і стать водія; рівень професійної підготовки; стаж роботи (досвід); умови руху (вдень, вночі, в гірських умовах, по ковзкій дорозі, інтенсивність руху, дистанція тощо); швидкість руху автомобіля; інтенсивність інформаційного навантаження; тривалість робочого часу; індивідуальні особливості водія; конструктивні особливості автомобіля.

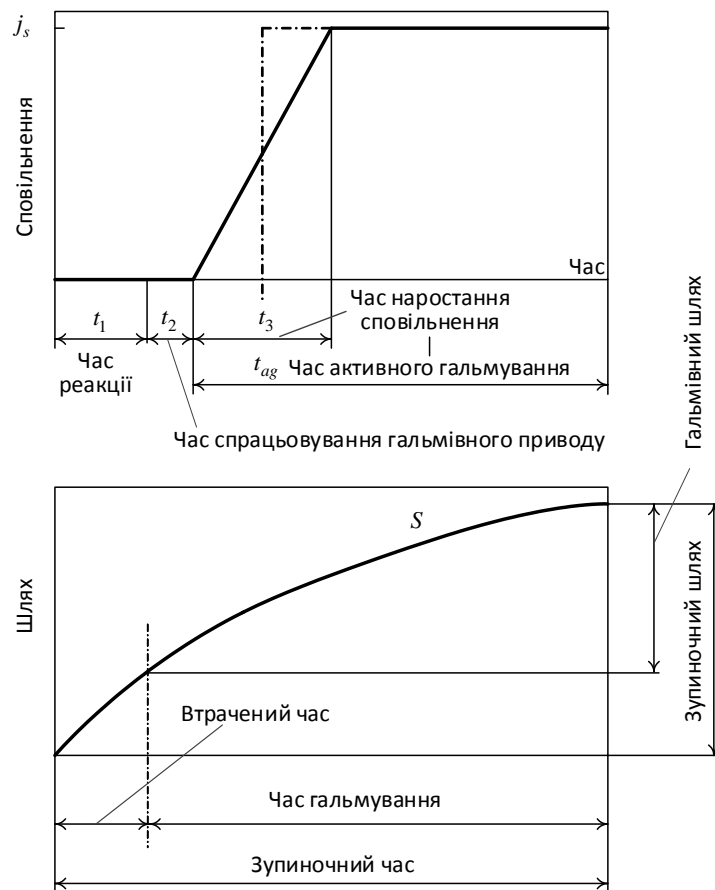


Рис. 1. Сповільнення і зупиночний шлях автомобіля

Розрізняють латентний і моторний періоди часу реакції. Латентний (скритий) період – час, необхідний водію для усвідомлення, оцінювання ситуації і прийняття рішення про початок моторної (рушійної) реакції. Відповідно, моторний період – інтервал часу від початку рушійної реакції до початку впливу на орган керування автомобілем.

Іноколи об'єкт (перешкода) малопомітний (наприклад, при світлі фар зустрічних транспортних засобів (ТЗ); неконтрастному фарбуванні об'єкта, коли він зливається з фоном; при недостатньому освітленні об'єкта). В цьому випадку в узагальненій дорожньо-транспортній ситуації час реакції водія слід збільшити на 0,6 с. В таких випадках час реакції збільшується, в основному, внаслідок погіршення умов сприйняття і, відповідно, більшої тривалості виявлення водієм об'єкта.

Аналіз робіт, в яких представлені результати досліджень часу реакції водіїв [2-10], показує, що цей час змінюється в широких межах – від 0,3 с до 3,2 с. Автори багато років проводили дослідження складної сенсомоторної реакції у водіїв різного віку, результати яких подані на рис. 2, для 2% усередненої та 98% статистичної вибірки, як для найбільш показових значень, від загального числа осіб, що пройшли випробування (близько 1100 чол.). Мінімальні та максимальні значення часу реакції водіїв подані в табл. 1.

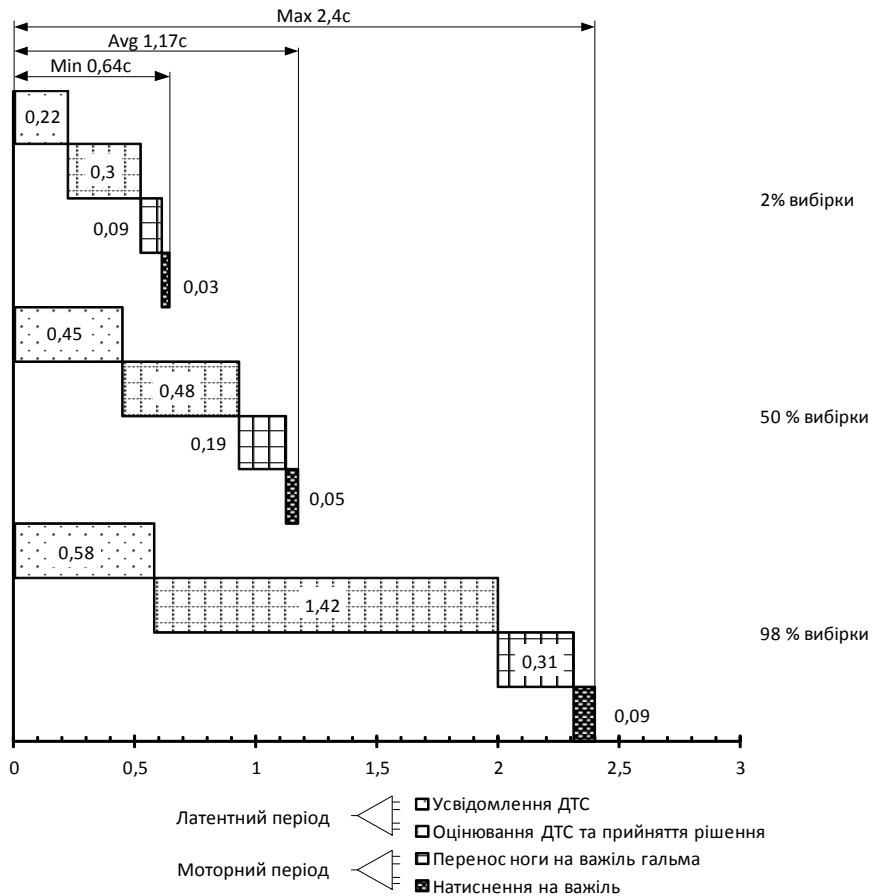


Рис. 2. Обсяги досліджень та граничні значення складових часу сенсомоторної реакції водія

Таблиця 1

Значення часу реакції водіїв за віковими групами

| Група | Вік, років | Мінімальний час реакції, с | Максимальний час реакції, с |
|-------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 18-20 | 0,65 ± 0,05 | 1,3 ± 0,20 |
| 2 | 20-40 | 0,90 ± 0,20 | 1,5 ± 0,20 |
| 3 | 40-50 | 1,35 ± 0,25 | 1,75 ± 0,25 |
| 4 | 50-60 | 1,70 ± 0,10 | 2,1 ± 0,30 |
| 5 | > 60 | 2,15 ± 0,25 | 2,4 ± 0,25 |

Застосування в експертній практиці диференційованих значень часу реакції водія при дослідженні ДТП, скоєних в темну пору доби, пов'язано з необхідністю розмежування понять і величин дальності видимості дороги (її елементів) та дальності видимості перешкоди.

Дальність видимості дороги залежить від її параметрів, освітлення і дорожніх (атмосферних) умов. Оскільки на проїзній частині дороги не повинно бути перешкод, які водій не може завчасно виявити, водій при виборі швидкості має право орієнтуватися лише на очікуваний подразник одного типу – зміну видимості елементів дороги. Тому при визначенні максимально допустимої швидкості за умовами видимості дороги мінімальний час простої сенсомоторної реакції рекомендується приймати рівним 0,3 с.

При виникненні в полі зору конкретної перешкоди водію, відповідно до вимог ПДР, слід вживати заходи для попередження пригоди. Видимість перешкоди на дорозі залежить від контрастності та розмірів перешкоди на фоні дороги, об'єктів придорожньої обстановки тощо. Тому дальність видимості конкретної перешкоди може відрізнятися від дальності видимості дороги. Її рекомендовано визначати шляхом слідчого експерименту як відстань від передньої частини ТЗ, з якого перешкода може бути чітко впізнана за характерними ознаками з місця водія [3, 12].

Істотний вплив на час реакції чинить втома водія протягом робочого дня. Втома людини понижує її працездатність. Розрізняють фізіологічну та психічну втоми [11]. Фізіологічна втома пов'язана з впливом на нервову систему продуктів розпаду речовин в організмі людини. Психічна

втома обумовлена перевантаженням нервової системи. Обидва види втоми діють на людину спільно і проявляються в тому, що: знижується сприйняття людини, в результаті чого окремі подразники вона взагалі не сприймає; знижується здатність концентрувати увагу і свідомо її регулювати, людина відволікається та робить помилки; мислення людини стає уповільненим і неточним; під впливом втоми виникають небажані порушення психіки – напруженість, роздратованість, емоція нестійкість; втома створює перешкоди для здійснення сенсомоторних функцій людини.

В результаті спільної дії усіх цих факторів, обумовлених втомою водія, час його реакції збільшується. Одночасно збільшується і розсіювання часу реакції відносно середнього значення. На рис. 3 подана зміна часу реакції водія протягом робочого дня [6] та результати апроксимації експериментальних даних.

Чим вища інтенсивність руху, тим більше об'єктів попадає в поле зору водія і тим складніше йому оцінити певний сигнал та вибрати правильне рішення. На дорогах з двома чи трьома смугами для руху в обох напрямках мінімальний час реакції відповідає інтенсивності 120-200 авт./год., а максимальний – при русі по вільній від транспортних засобів дорозі. Така дорога характерна монотонністю, що знижує інтенсивність уваги та емоційну напругу водія. При появі втоми час реакції водія збільшується зі збільшенням інтенсивності руху [6, 8, 10] (табл. 2).

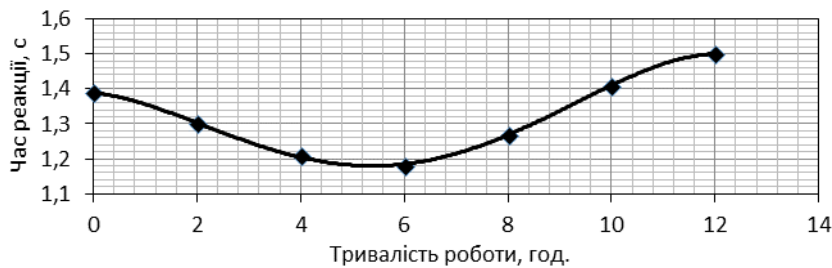


Рис. 3. Залежність часу реакції від тривалості роботи

Таблиця 2

Вплив тривалості роботи та інтенсивності руху на час реакції водія

| Тривалість роботи водія, год. | Середній час реакції, с. | Середнє квадратичне відхилення, с. | Оцінка часу реакції для довірчої ймовірності 0,95, с. |
|--|--------------------------|------------------------------------|---|
| Інтенсивність руху 100-300 автомобілів на годину | | | |
| 0 | 1,39 | 0,173 | $1,39 \pm 0,35$ |
| 4 | 1,21 | 0,135 | $1,21 \pm 0,27$ |
| 8 | 1,29 | 0,210 | $1,29 \pm 0,42$ |
| 12 | 1,53 | 0,272 | $1,53 \pm 0,54$ |
| Інтенсивність руху 350-500 автомобілів на годину | | | |
| 0 | 1,39 | 0,173 | $1,39 \pm 0,35$ |
| 4 | 1,22 | 0,141 | $1,22 \pm 0,28$ |
| 8 | 1,36 | 0,242 | $1,36 \pm 0,48$ |
| 12 | 1,65 | 0,292 | $1,65 \pm 0,58$ |

З метою оцінювання розсіювання вхідних величин часу реакції водія, що використовуються при розслідуванні ДТП, скористаємося рекомендаціями з вираження невизначеності вимірювань [13], розробленими міжнародними організаціями: BIPM (Міжнародне бюро мір і ваг); IEC (Міжнародна електротехнічна комісія); IFCC (Міжнародна федерація клінічної хімії); ISO (Міжнародна організація зі стандартизації); IUPAC (Міжнародний союз з чистої і прикладної хімії); IUPAP (Міжнародний союз з чистої і прикладної фізики); OIML (Міжнародна організація законодавчої метрології); ILAC (Міжнародна організація з акредитації лабораторій та інспекційних органів). Поняття невизначеності вимірювань в міжнародних рекомендаціях і стандартах було введено для опису точності вимірювання як ступеня довіри до отриманого результату. Відповідно до вище згаданих рекомендацій, там, де це можливо, розсіювання даних по відношенню до номінального значення X_N будемо характеризувати симетричними граничними відхиленнями ΔX з метою представлення їх у вигляді $X = X_N \pm \Delta X$.

На основі даних рис. 2 отримаємо $t_1 = 1,52 \pm 0,88$. Результати оцінювання значень зупиночного шляху за загальноприйнятою методикою [2-7], з врахуванням t_1 , подані на рис. 4.

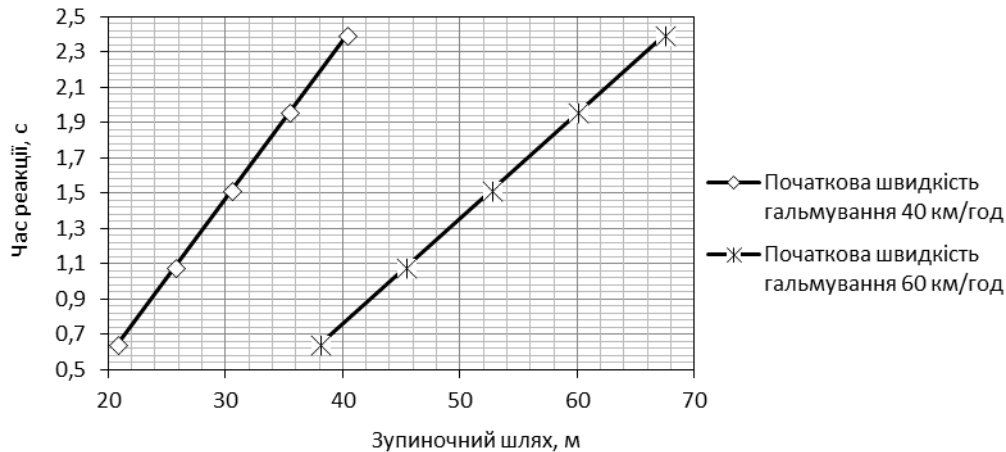


Рис. 4. Залежність зупиночного шляху автомобіля від часу реакції водія (для автомобіля категорії М1 на сухому асфальтобетоні)

Аналіз рис. 4 показує, що оцінки значень зупиночного шляху мають широке поле невизначеності (біля 100%), для зменшення якої пропонується застосовувати математичну модель оцінювання сенсомоторної фази реакції водія, отриману з таких міркувань. Час сенсомоторної фази реакції водія t_1 на гальмування вимірюється з моменту впливу стимулу на орган відчуття до торкання важеля гальма (початку руху педалі) можна визначити так [7]:

$$t_1 = t_0 + t_{mk}(RV) + \Delta t(V_a, B), \quad (1)$$

де t_0 – час виявлення, впізнання, прийняття рішення тощо, с (табл. 3);

Таблиця 3

| Нормативний час t_0 | |
|---|---------------|
| Екстремне гальмування на виникнення небезпеки | Час t_0 , с |
| 1. Очікувана ймовірність небезпеки 100% (нога на важелі гальма) | 0,6 |
| 2. Очікувана ймовірність небезпеки 95-99% (нога на важелі гальма) | 0,8 |
| 3. Очікувана ймовірність небезпеки 90% (нога на важелі акселератора) | 1,0 |
| 4. Були ознаки небезпеки, невідомі водію, які рідко зустрічаються в практиці водіння | 1,2 |
| 5. Були лише непрямі ознаки небезпеки, мало відомі навіть досвідченим водіям | 1,4 |
| 6. При екстремному гальмуванні лідера та увазі водія в цей момент на світлофор | 1,36 |
| 7. При екстремному гальмуванні лідера та увазі водія в цей момент на інші об'єкти, крім лідера і світлофора | 1,6 |

$t_{mk}(RV)$ – час моторного компонента реакції водія при гальмуванні, який залежить від різниці висот площадок важелів акселератора і гальма автомобіля,

$$t_{mk}(RV) = 0,38 - 0,003RV + 0,0002RV^2, \text{ с};$$

$\Delta t(V_a, B)$ – приріст фаз часу реакції водія в залежності від швидкості автомобіля в момент виявлення небезпеки (V_a , км/год) та віку водія (B , років), с:

$$\Delta t(V_a, B) = 0,1 \cdot \lg((1 + 0,005V_a)0,04B). \quad (2)$$

Взявши за основу рівняння (1), залежність часу реакції водія від тривалості його роботи (див. рис. 3) та враховуючи вплив інтенсивності руху (табл. 2), можна запропонувати такий вираз для оцінювання сенсомоторної фази реакції водія

$$t_1 = t_0 + t_{mk}(RV) + \Delta t(V_a, B) + \Delta t(T_H, I_a), \quad (3)$$

де $\Delta t(T_H, I_a)$ – приріст фаз часу реакції водія в залежності тривалості його роботи (T_H , год) та інтенсивності руху (I_a , авт/год) в момент виявлення небезпеки, с:
– при вільному русі ($0 < I_a < 50$)

$$\Delta t(T_H, I_a) = 0,0006 + 0,0167 \cdot T_H + 0,0206 \cdot (T_H)^2 - 0,004 \cdot (T_H)^3 + 0,0002 \cdot (T_H)^4;$$

– при середній завантаженості смуги руху ($100 < I_a < 300$)

$$\Delta t(T_H, I_a) = -0,0002 + 0,0258 \cdot T_H + 0,0161 \cdot (T_H)^2 - 0,0035 \cdot (T_H)^3 + 0,0002 \cdot (T_H)^4;$$

– при високій завантаженості смуги руху ($350 < I_a < 500$)

$$\Delta t(T_H, I_a) = -0,0007 + 0,031 \cdot T_H + 0,014 \cdot (T_H)^2 - 0,0034 \cdot (T_H)^3 + 0,0002 \cdot (T_H)^4.$$

Оцінка часу реакції t_1 за виразом (3) для довірчої ймовірності 0,95 складає $t_1 \pm 0,176t_1$ с.

Висновки. Невизначеність значень часу реакції водія при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод може призвести до формулювання протилежних висновків при інтерпретації аналітичних результатів досліджень і розрахунків. Використання запропонованої математичної моделі оцінювання сенсомоторної фази реакції водія дозволяє мінімізувати вплив суб'єктивних факторів при формуванні експертних висновків та зменшити невизначеність оцінювання на 70%.

1. Кашканов, А. А. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник / А. А. Кашканов, О. Г. Грисюк, І. І. Гуменюк. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 90 с.

2. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 320 с.

3. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. / Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. [та інші]; за заг. ред. П. В. Галаси – К. : Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.

4. Смирнова С. А. Судебная экспертиза на рубеже XXI века. Состояние, развитие, проблемы / С. А. Смирнова. – 2-е изд-е, пер. и доп. СПб.: Питер, 2004. – 875 с.

5. Franck, H. Mathematical methods for accident reconstruction: a forensic engineering perspective / H. Franck, D. Franck. – Boca Raton: CRC Press, 2010. – 328 p.

6. Тартаковский Д. Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.

7. Экспертиза ДТП: методы и технологии / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – С.-Петербург: СПбГАСУ, 2012. – 310 с.

8. Лобанов Е. М. Время реакции водителя / Е. М. Лобанов // Труды МАДИ. – Москва: МАДИ, 1975. – Вып. 95. – С. 84 -110.

9. Boff K., Lincoln J. Engineering data compendium: Human perception and performance. Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Medical Research Laboratory. 1988.

10. Sens M., Cheng P., Weichel J., Guenther D. Perception/reaction time values for accident reconstruction. / Society of Automotive Engineers. Paper № 890732, 1989.

11. Столяренко Л. Д. Психология и педагогика для технических вузов : учеб. для техн. вузов / Л. Д. Столяренко, В. Е. Столяренко. – Ростов н/Д : Феникс, 2001. – 511 с.

12. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: монография / В. П. Волков, В. Н. Торлин, В. М. Мищенко, А. А. Кашканов, В. А. Кашканов, В. П. Кужель, В. А. Ксенофонтова, А. А. Ветрогон, Н. В. Скляров. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.

13. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.iso.org/sites/JCGM/GUM/JCGM100/C045315e-html/C045315e.html> (дата звернення 26.02.2018).

Рецензент:

Козлов Л.Г., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінниця, Україна.