



Adam Reza

Analiza czasowo-przestrzenna wypadku, gdy czas Δt , tj. różnica między czasem trwania stanu zagrożenia a sumą czasu narastania opóźnienia hamowania i czasu hamowania przed wypadkiem jest krótszy niż czas reakcji kierowcy

Streszczenie

Z reguły biegły jest zobowiązany do ustalenia możliwości uniknięcia wypadku przez jego uczestników. Wykonanie takiej analizy jest poprzedzone rekonstrukcją przebiegu wypadku i analizą czasowo-przestrzenną. Postępując zgodnie z zasadami sztuki opiniowania, należy wybrać jednego z uczestników wypadku, którego pojawienie się wywołało stan zagrożenia i ustalić chwilę powstania stanu zagrożenia, w której drugi z uczestników wypadku – przy zachowaniu należytej, uwagi i ostrożności – mógł i powinien był dostrzec drugiego i zorientować się o mogącym grozić niebezpieczeństwie. Następnie należy obliczyć czas trwania stanu zagrożenia. Relatywnie coraz częściej zdarzają się przypadki, w których czas Δt obliczony jako różnica między czasem trwania zagrożenia a sumą czasu narastania opóźnienia hamowania i czasu hamowania przed zdarzeniem jest krótszy od czasu reakcji kierowcy. Powstaje wówczas problem z ustaleniem odległości od miejsca zdarzenia drugiego uczestnika, którą to odległość klasycznie oblicza się na podstawie czasu trwania zagrożenia. Ze względu na często popełniane błędy w tego typu opiniach biegłych, autor wskazuje prawidłowy sposób postępowania w takich splotach wydarzeń.

Słowa kluczowe

Wypadek drogowy, analiza czasowo-przestrzenna, chwila powstania stanu zagrożenia, analiza możliwości uniknięcia wypadku, czas reakcji kierowcy.

Otrzymano w dniu 8.11.2017 r., przyjęto w dniu 28.11.2017 r.

* * *

1. Wprowadzenie

Celem analizy czasowo-przestrzennej wypadku jest ustalenie odległości S_{01} , dzielącej jednego uczestnika wypadku od drugiego w chwili powstania stanu zagrożenia. Postępując klasycznie, najpierw definiuje się chwilę powstania stanu za-

grożenia, a następnie ustala się czas trwania stanu zagrożenia t_2 . Sposoby ustalania czasu trwania stanu zagrożenia są opisane w literaturze i nie ma uzasadnienia dla powtarzania tu znanych treści. Problem przedstawię na przykładzie potrącenia pieszego, ale omawiane zagadnienie dotyczy wszystkich rodzajów wypadków.

Gdy samochód przed potrąceniem pieszego był hamowany, to odległość samochodu od toru ruchu pieszego S_{0l} w chwili powstania stanu zagrożenia oblicza się ze wzoru:

$$S_{0l} = S''_{hl} + S_n + S_s \quad (1)$$

gdzie:

S''_{hl} – długość śladów hamowania samochodu przed potrąceniem pieszego,

S_n – droga przejechana w czasie narastania opóźnienia hamowania,

S_s – droga przejechana przez samochód przed rozpoczęciem hamowania ze stałą prędkością v_0 w czasie $\Delta t = t_2 - (t_n + t''_{hl})$,

Δt – różnica między czasem trwania zagrożenia (t_2) a sumą czasu narastania opóźnienia hamowania (t_n) i czasu hamowania przed zdarzeniem (t''_{hl}),

v_0 – prędkość samochodu przed rozpoczęciem hamowania,

t_z – czas trwania stanu zagrożenia,

t_n – czas narastania opóźnienia hamowania,

t''_{hl} – czas hamowania przed potrąceniem pieszego.

Zatem do obliczania drogi S_{0l} w ogóle nie wykorzystuje się czasu reakcji psychofizycznej kierowcy.

Problem pojawia się wtedy, gdy czas Δt jest krótszy od czasu reakcji psychofizycznej kierowcy. Logicznie oznaczałoby to, że kierowca nie miał czasu na podjęcie reakcji psychofizycznej, który to czas *zawsze* poprzedza (i musi poprzedzać) działanie kierowcy. Tymczasem, skoro ślady hamowania przed miejscem potrącenia pieszego powstały, to znaczy, że kierowca decyzję o hamowaniu musiał być wcześniej podjąć.

2. Sprecyzowanie zagadnienia

Najczęściej przyczyną powstania omawianego problemu, polegającego na tym, że czas Δt jest krótszy od czasu reakcji psychofizycznej kierowcy, jest przyjęta przez biegłego chwila powstania stanu zagrożenia. Przy czym bardzo często bywa tak, że ta chwila została przyjęta zgodnie z zasadami sztuki. W celu szerszego wyjaśnienia problemu posłużę się przykładem.

Samochód osobowy potrącił pieszego przekraczającego jezdnię ze strony prawej na lewą. Na zdjęciach były widoczne uszkodzenia samochodu, pozwalające na określenie, którą częścią jego przodu ta osoba została uderzona. Na podstawie śladów możliwe było ustalenie miejsca potrącenia pieszego. Ujawniono też ślady hamowania tego samochodu. Dlatego możliwe było:

- ustalenie miejsca potrącenia tej osoby względem szerokości jezdni,
- określenie prędkości samochodu w chwili potrącenia tej osoby, jak również określenie prędkości samochodu w chwili rozpoczęcia manewru hamowania.

Według zgodnych dowodów osobowych pieszy wszedł na jezdnię szybkim krokiem, bez zatrzymania się.

Dane wejściowe do tego przykładu są następujące:

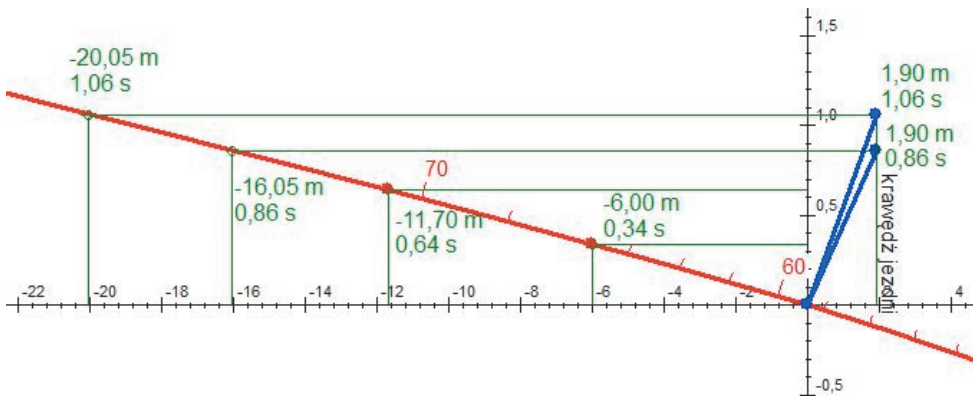
- samochód osobowy potrącił pieszego, który przemieszczał się ze strony prawej na lewą, względem kierunku jazdy tego samochodu; w rejonie skrzyżowania, ale w miejscu wypadku nie było przejścia dla pieszych. Kierowca nie miał obowiązku ustąpienia pierwszeństwa pieszemu;
- na miejscu wypadku ujawniono ślady hamowania o długości 25 m, przy czym długość śladów hamowania przed potrąceniem pieszego wynosiła $S''_{hl} = 6$ m;
- pieszy przeszedł po jezdni do miejsca potrącenia $S_p = 1,9$ m;
- prędkość poruszania się pieszego mogła wynosić $v_p = 1,8 \div 2,2$ m/s;
- do wypadku doszło na suchej nawierzchni asfaltowej, w dziennych warunkach widoczności.

* * *

Policzyłem w sposób klasyczny czas trwania stanu zagrożenia t_z , równy czasowi pobytu pieszego na jezdni, który wynosił:

$$t_z = \frac{S_p}{v_p} = \frac{1,9}{2,20 \div 1,80} = 0,86 \div 1,06 \text{ [s]}^1 \quad (2)$$

Wartość tego czasu zilustrowałem również graficznie w programie TITAN (ryc. 1).



Ryc. 1. Analiza czasowo-przestrzenna wypadku.

¹ W opinii powinno się podawać czas z zaokrągleniem do miejsc dziesiętnych. W tym przykładzie specjalnie podałem czas i inne wartości liczbowe z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku, aby w dalszej części artykułu wykazać korelację różnych wartości.

Obliczyłem również czas hamowania samochodu przed potrąceniem pieszego ($t''_{hl} = 0,34$ s) i przyjąłem czas narastania opóźnienia hamowania ($t_n = 0,3$ s).

Obliczyłem wartość Δt , która wynosiła $0,2 \div 0,4$ s:

$$\Delta t = (0,86 \div 1,06) - (0,30 + 0,34) = 0,22 \div 0,42 \text{ [s]}.$$

Następnie obliczyłem odległość samochodu od toru ruchu pieszego S_{0l} w czasie t_z przed potrąceniem:

$$S_{0l} = S''_{hl} + S_n + S_s = 6,00 + 5,72 + (4,35 \div 8,30) = 16,07 \div 20,02 \text{ [m]}$$

przy czym

$$S_s = v_0 \Delta t = 19,76 (0,22 \div 0,42) = 4,35 \div 8,30 \text{ [m]}$$

gdzie:

$S''_{hl} = 6,0$ m – długość śladów hamowania samochodu przed potrąceniem;

$S_n = 5,72$ m – droga przejechana w czasie narastania opóźnienia hamowania;

$v_0 = 19,76$ m/s, tj. 71 km/h – prędkość samochodu przed rozpoczęciem hamowania; tę prędkość obliczyłem na podstawie długości ujawnionych śladów hamowania;

S_s – droga przejechana przez samochód przed rozpoczęciem hamowania ze stałą prędkością v_0 w czasie Δt .

Biorąc pod uwagę fizyczne uwarunkowania przebiegu zdarzenia, wartość Δt powinna być większa od czasu reakcji psychofizycznej kierowcy. W danym przypadku, obliczona odległość samochodu od toru ruchu pieszego S_{0l} w chwili czasu t_z przed potrąceniem wskazywałaby na to, że czas reakcji kierowcy wynosił $0,2 \div 0,4$ s. Czas ten jest krótszy od wartości odpowiadającej kwantylowi 85÷95% czasu reakcji kierowców w sytuacji spodziewanej. Generalnie, czas $0,2 \div 0,4$ s jest krótszy od najmniejszej wartości czasu reakcji w sytuacji oczekiwanej (0,5 s), uzyskanej dla mniej niż 1% badanej populacji. W sytuacji zaskoczenia, dla 2% badanej populacji najkrótszy czas reakcji wynosi 0,8 s. Zatem tak krótki czas reakcji kierowcy ($0,2 \div 0,4$ s) można z dużym prawdopodobieństwem wykluczyć.

Jaka więc była przyczyna takiego stanu rzeczy? Wy tłumaczenie jest takie, że kierowca rozpoczął podejmowanie decyzji o hamowaniu zanim pieszy wszedł na jezdnię – a zatem ograniczył zaufanie do pieszego jeszcze przed jego wejściem na jezdnię².

W takiej sytuacji biegli często postępują w dwojaki sposób:

- 1) Nie ujawniając tej informacji, przyjmują czas reakcji kierowcy (przykładowo) na poziomie $t_r = 1$ s i ustalają, gdzie był pieszy w czasie $t_2 = t_r + t_n + t''_{hl}$ przed potrąceniem. Następnie, bez żadnego uzasadnienia, przyjmują arbitralnie, że sytuacja zagrożenia zaistniała w chwili t_z , gdy pieszy znajdował się na chodniku,

² Należy tu nawiasem podkreślić, że z reguły nie ma możliwości obiektywnego ustalenia, przy jakiej odległości pieszego od krawędzi jezdni kierowca powinien ograniczyć zaufanie do pieszego idącego poboczem bądź chodnikiem.

w obliczonej odległości od krawędzi jezdni. Z kolei dla czasu t_2 obliczają wartość S_{01} . Wówczas uzyskują z góry przewidywane rozwiązanie, że kierowca nie spóźnił się z reakcją.

- 2) Obliczają wartość S_{01} dla czasu Δt (w analizowanym przypadku to $0,2 \div 0,4$ s), pomijając informację o tym, iż przyjęli czas reakcji kierowcy na poziomie $0,2 \div 0,4$ s.

Jakie są konsekwencje takiego postępowania? W pierwszym przypadku odległość S_{01} mogła zostać zawyżona, w a drugim przypadku ta odległość byłaby заниżona.

3. Postępowanie prawidłowe

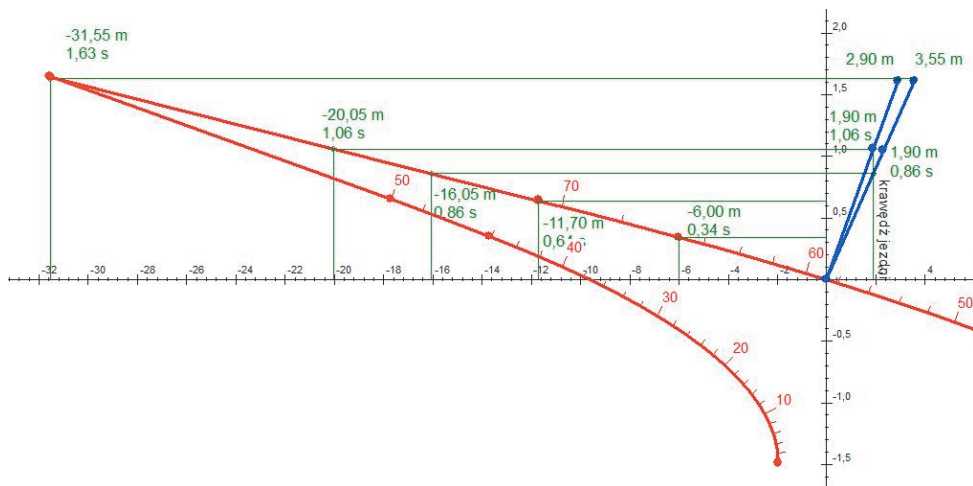
Gdy w konkretnym przypadku niestandardowo wartość czasu Δt jest mniejsza od czasu reakcji psychofizycznej kierowcy, wówczas również postępowanie biegłego powinno być niestandardowe.

Jeśli nie jest możliwe ustalenie chwili powstania stanu zagrożenia i na tej podstawie obliczenie wartości S_{01} , to należy tę wartość obliczyć jako minimalną, biorąc pod uwagę odpowiedni czas reakcji psychofizycznej kierowcy. Jest to postępowanie niestandardowe, ponieważ w klasycznym podejściu wartość S_{01} oblicza się nie wykorzystując czasu reakcji. Zatem wartość S_{01} należy obliczyć na podstawie długości śladów hamowania, drogi przejechanej w czasie narastania opóźnienia hamowania oraz drogi przejechanej w realnym czasie reakcji psychofizycznej kierowcy. Istotne jest przyjęcie do tego obliczenia właściwej wartości czasu reakcji.

Standardowo, do obliczenia drogi zatrzymania samochodu przyjmuje się czas reakcji psychofizycznej kierowcy odpowiadający kwantylowi $85 \div 95\%$ badanej populacji kierowców. Celem takiego postępowania jest to, aby kogoś nie skrzywdzić, przyjmując czas reakcji krótszy od czasu, w którym ten ktoś jest w stanie zareagować. Natomiast w analizowanym tu przypadku należy przyjąć czas reakcji kierowcy odpowiedni do sytuacji, możliwie najkrótszy, tj. odpowiadający kwantylowi 2% badanej populacji. Gdyby przyjąć czas reakcji dla kwantylu $85 \div 95\%$ badanej populacji, wówczas wynikiem obliczeń byłby stosownie długi odcinek S_{01} , podczas gdy w rzeczywistości ten konkretny kierowca, reagując w czasie krótszym, znajdował się bliżej przeszkody. Zatem w efekcie możliwe byłoby wykazanie, że kierowca wypadku mógł być uniknąć, podczas gdy faktycznie byłoby to niemożliwe.

Poniżej wykażę, jakie są skutki wspomnianego wyżej dwojakiego podejścia do problemu.

Jeśli biegły arbitralnie przyjmie czas reakcji kierowcy na poziomie 1 s, to dla wskazanych wyżej wejściowych danych obliczy, np. w programie TITAN, że kierowca rozpoczął podejmowanie decyzji o hamowaniu wtedy, gdy samochód znajdował się w odległości $31,6$ m od miejsca potrącenia pieszego (ryc. 2).



Ryc. 2. Analiza możliwości uniknięcia wypadku dla czasu reakcji $t_r = 1,0$ s.

Drogę zatrzymania samochodu jadącego z prędkością dopuszczalną $v_d = 13,9$ m/s obliczyłem tu z zależności:

$$S_z = v_d \cdot \left(t_r + \frac{t_n}{2}\right) + \frac{v_d^2}{2 \cdot a_h} \quad (3)$$

gdzie:

$v_d = 13,9$ [m/s], tj. 50 [km/h] – prędkość dopuszczalna,

$t_n = 0,3$ [s] – czas narastania opóźnienia hamowania,

$a_h = 7$ [m/s²] – opóźnienie hamowania samochodu,

t_r [s] – czas reakcji psychofizycznej kierowcy.

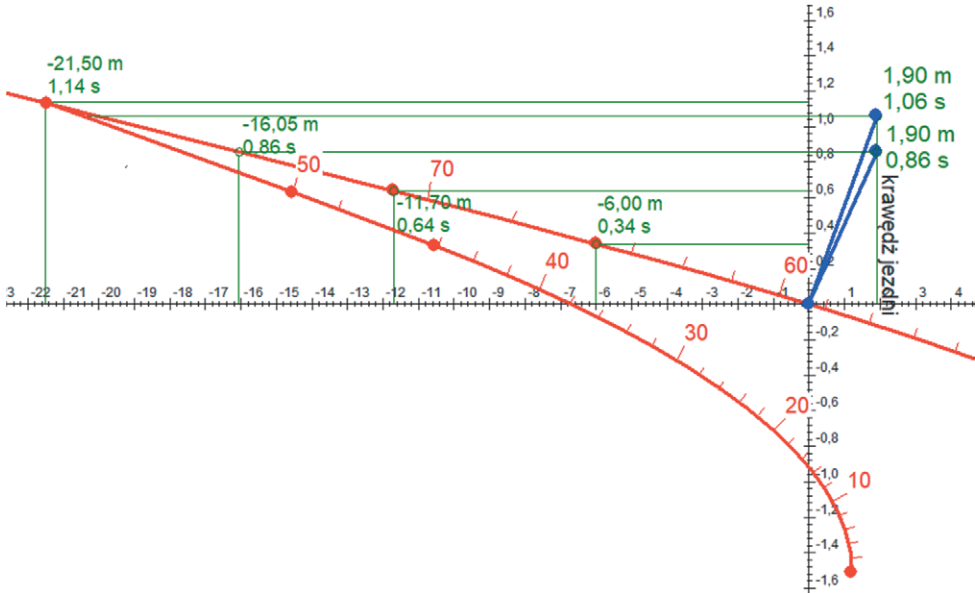
Dla czasu reakcji $t_r = 1,0$ s droga zatrzymania z prędkości 50 km/h wynosiłaby 29,6 m. Zatem droga ta byłaby krótsza od odległości 31,6 m, którą kierowca dysponował na uniknięcie wypadku. Wniosek byłby oczywisty, że kierowca mógł być potrącenia pieszego uniknąć.

Dla wartości $\Delta t = 0,2 \div 0,4$ s biegły obliczyłyby odległość $S_{01} = 16,07 \div 20,02$ m (ryc. 1). Biegły, obliczając drogę zatrzymania samochodu dla czasu reakcji $t_r = 1,0$ s, uzyskała podaną wyżej wartość $S_{01} = 29,6$ m, która będzie dłuższa od odległości $S_{01} = 16,07 \div 20,02$, którą kierowca dysponował na uniknięcie wypadku. Zatem biegły dojdzie do wniosku, że kierowca nie miałby możliwości uniknięcia wypadku.

Takie postępowanie jest jednak błędne, a to ze względu na przyjęcie, że kierowca reagował w czasie $0,2 \div 0,4$ s, co w praktyce jest niezwykle mało prawdopodobne, jeśli nie niemożliwe. Nie można prowadzić analizy, w której choćby jedna z analizowanych wartości jest nieprawdziwa. Ponadto, skoro odległość samochodu od miejsca potrącenia pieszego została obliczona przy założeniu czasu reakcji kie-

rowcy 0,2÷0,4 s, to nie ma uzasadnienia, aby przy analizie możliwości uniknięcia wypadku przyjmować czas reakcji kierowcy na poziomie 1 s, tj. znacznie dłuższy.

W analizowanym przypadku, postępując prawidłowo, należało ustalić odległość samochodu od miejsca potrącenia pieszego S_{01} dla czasu reakcji kierowcy³ 0,5 s, która to odległość wynosiłaby 21,5 m (ryc. 3) i dla tego samego czasu reakcji obliczyć drogę zatrzymania samochodu. Ta droga wyniosłaby 22,7 m i byłaby dłuższa od odległości, którą kierowca dysponował dla uniknięcia wypadku. Zatem kierowca ten nie miałby możliwości uniknięcia wypadku.



Ryc. 3. Analiza możliwości uniknięcia wypadku dla czasu reakcji $t_r = 0,5$ s.

Należy zauważyć, że w podanym przykładzie, jeśli przyjmie się czas reakcji kierowcy na poziomie 1,0 s, to dochodzi się do wniosku, że kierowca mógł być wypadku uniknąć, a jeśli przyjmie się czas reakcji kierowcy na poziomie 0,5 s, to można wykazać, że takiej możliwości nie było.

W przypadku opiniowania w sprawie jakiegoś innego wypadku może się okazać, że czas Δt jest nawet mniejszy od zera. W takiej sytuacji również należy postępować według sposobu zaproponowanego w tym artykule.

4. Podsumowanie

W procedurze rekonstrukcji wypadku z reguły w ogóle nie jest możliwe ustalenie *faktycznego* czasu reakcji psychofizycznej konkretnego kierowcy. Opiniując

³ Do wypadku doszło wprawdzie poza przejściem dla pieszych, ale na skrzyżowaniu, na którym kierowca był obowiązany zachować szczególną ostrożność.

wypadki drogowe przyjmuje się wartości tego czasu na podstawie publikowanych wyników statystycznych badań populacji kierowców. Takie wyniki badań z reguły przedstawiają określone rozkłady statystyczne.

Kiedy innymi, niezależnymi metodami można ustalić, jaka odległość dzieliła pojazd od miejsca pierwszego kontaktu z przeszkodą w chwili powstania stanu zagrożenia, wówczas do analizy możliwości uniknięcia wypadku przyjmuje się czas reakcji odpowiadający kwantylowi 85÷95% badanej populacji kierowców. Takie postępowanie w znacznym stopniu zabezpiecza przed sytuacją, w której do obliczeń byłby przyjęty czas reakcji krótszy od tego, który mógł osiągnąć określony kierowca. W ten sposób nieomal eliminuje się możliwość błędnego wykazania, że kierowca miał możliwości uniknięcia wypadku, poprzez przyjęcie, iż reagował w czasie, który nie był dla niego obiektywnie osiągalny.

Zupełnie odmienna sytuacja zachodzi wtedy, gdy czas Δt jest krótszy od czasu reakcji *stosownego dla danej sytuacji*. Wówczas ustalamy odległość, jaka dzieliła pojazd od miejsca pierwszego kontaktu z przeszkodą w chwili powstania stanu zagrożenia, m.in. na podstawie przyjętego czasu reakcji psychofizycznej kierowcy. Przyjmując czas reakcji odpowiadający kwantylowi 85÷95% badanej populacji kierowców (np. 1 s) określimy większą odległość samochodu od miejsca pierwszego kontaktu w chwili powstania sytuacji kolizyjnej, w stosunku do przyjętego czasu 0,5 s dla 2% badanej populacji. Gdy analizujemy możliwość uniknięcia wypadku, wówczas dla czasu reakcji 1 s droga S_{01} , którą dysponował kierowca na uniknięcie wypadku, byłaby dłuższa niż w przypadku czasu reakcji 0,5 s. Jeśli zatem kierowca uczestniczący w wypadku faktycznie zareagowałby w czasie 0,5 s, a do ustalenia odległości S_{01} zostałyby przyjęty czas reakcji na poziomie 1,0 s, wówczas można by wykazać kierowcy możliwość uniknięcia wypadku, podczas gdy faktycznie kierowca, reagując w czasie 0,5 s, znajdowałby się w takiej odległości S_{01} od miejsca wypadku, że potrącenia nie mógłby uniknąć. Zwłaszcza jest to istotne przy znacznym przekroczeniu prędkości dopuszczalnej przez kierowcę.

Wcześniej wspomniałem, że w przypadku, gdy czas Δt jest krótszy od czasu reakcji psychofizycznej kierowcy, przyjmowanie minimalnej wartości czasu reakcji jest uwarunkowane sytuacją atmosferyczno-drogową. W opisywanym przypadku, przy dobrej widoczności w warunkach dziennych, był to czas 0,5 s, ponieważ do wypadku doszło na skrzyżowaniu, gdy kierowca był obowiązany zachować szczególną ostrożność. Natomiast w innych warunkach, np. przy niedostatecznym, sztucznym oświetleniu albo w sytuacji gdy kierowca nie był obowiązany do zachowania szczególnej ostrożności, należałoby ten czas odpowiednio wydłużyć⁴.

⁴ Na marginesie warto zauważyć, że przy okazji opracowywania tego artykułu okazało się jeszcze raz, iż niezależnie od dostępności różnych programów symulacyjnych, program TITAN jest bardzo przydatny do szybkich czasowo-przestrzennych analiz wypadków.

Bibliografia

1. Burg, Moser (2007). Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion.
2. Hugemann (2007). Unfallrekonstruktion.
3. Praca zbiorowa (2010). Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.

* * *

Time-distance analysis of an accident when Δt duration (i.e. the difference between the duration of the state of threat and the sum of duration of braking deceleration increments and duration of braking before an accident) is shorter than the reaction time of a driver

Abstract

As a rule, an expert is obliged to determine the possibility of avoiding an accident by the parties involved. Performing such an analysis is preceded by reconstruction of the course of the accident and time-distance analysis. Proceeding in accordance with the principles of expert opining, the expert should select one of the participants of the accident – whose appearance has engendered a state of threat – and establish the moment of occurrence of the state of threat, at which the second of participants of the accident – when maintaining due attention and care – could and should have perceived the other party and become aware of the possible threat of danger. Next, the duration of the state of threat should be calculated. Increasingly frequently cases occur in which Δt – calculated as the difference between duration the duration of the threat and the sum of duration of braking deceleration increments and duration of braking before the accident is shorter than the reaction time of the driver. Than a problem arises with establishing the distance of the second participant from the site of the incident – this distance is classically on the basis of the duration of the threat. Due to frequently committed errors in this type of expert opinions, the author indicates the correct way of proceeding in such coincidence.

Key Words

Road accident time-distance analysis, the moment of arising of the state of threat, analysis of the possibility of avoiding an accident, driver's reaction time.