



**Piotr
Ciępka**

Protokół oględzin pojazdu

Próba hamowania i obliczanie opóźnienia na podstawie jej wyników

Streszczenie

W artykule przedstawiono krytyczną ocenę powypadkowych badań pojazdu w zakresie sposobów wykonywania próby hamowania i obliczania opóźnienia hamowania na podstawie wyników uzyskanych w takiej próbie. Wykazano, że obliczanie opóźnienia na podstawie próby hamowania wykonanej bez użycia urządzenia mierzącego parametry ruchu pojazdu niesie za sobą ryzyko popełnienia dużego błędu. Na zakończenie zaprezentowano przykładowe urządzenia, jakie mogą i w ocenie autora powinny być stosowane w czasie powypadkowych badań pojazdu.

Słowa kluczowe

Oględziny pojazdu, badanie powypadkowe, próba hamowania, opóźnienie hamowania.

* * *

1. Wstęp

W procesie rekonstrukcji przebiegu wypadku i analizy możliwości jego uniknięcia niezwykle istotne jest przyjęcie prawidłowej wartości opóźnienia hamowania, jakie dany pojazd mógł osiągnąć na jezdni, na której doszło do wypadku. Literatura podaje wartości opóźnień hamowania pojazdów, co sprawia, że jeżeli mamy do czynienia z „typowym” pojazdem, który hamował na „typowej” nawierzchni, to przyjęcie danych z literatury z reguły pozwala na prawidłowe obliczenie prędkości¹. Problemy zaczynają się wówczas, gdy uczestniczący w wypadku pojazd wymyka się spod określenia „typowy”, a także, gdy do zdarzenia doszło na nawierzchni o trudnym do oszacowania współczynniku przyczepności.

Mgr inż. Piotr Ciępka, Instytut Ekspertyz Sądowych w Krakowie.

¹ Przypomnieć należy, że prawidłowe obliczanie prędkości na podstawie opóźnień przyjętych z literatury wymaga uwzględnieniem właściwego przedziału opóźnienia hamowania, a nie wyłącznie jednej wartości.

Po polskich drogach jeździ coraz więcej samochodów wyższych klas, których konstrukcja umożliwia osiągnięcie opóźnień znacznie przekraczających wartości publikowane w literaturze, szczególnie tej wydanej w odległym czasie. Przyjęcie w obliczeniach zbyt małej wartości opóźnienia hamowania prowadzi do wyliczenia zaniżonej wartości prędkości początkowej, która przekłada się na wskazanie zaniżonej odległości od przeszkody w chwili powstania zagrożenia i finalnie skutkować może wykazaniem nieprawdziwego braku możliwości uniknięcia wypadku. W wypadkach biorą udział również samochody starsze, w których zdarzają się różne usterki układu hamulcowego, a takie pojazdy często nie osiągają takich opóźnień, jak samochody w pełni sprawne.

Problemy występują także w przypadkach, w których stan nawierzchni jezdni w czasie wypadku wychodzi poza określenia „sucha” i „mokra”. Chodzi tu na przykład o nawierzchnie wilgotne, w początkowym okresie nieintensywnych opadów, gdy zalegające na nawierzchni zanieczyszczenia w postaci pyłu nie uległy spłukaniu, ale rozpuściły się zmniejszając współczynnik przyczepności, a także nawierzchnie spotykane w porze zimowej, o różnym stopniu zabrudzenia, zaśnieżenia i oblodzenia.

Dla takich „nietypowych” sytuacji nieodzownym staje się wykonanie bezpośrednio po wypadku próby hamowania, najlepiej pojazdem uczestniczącym w wypadku, na nawierzchni, której stan jest taki, jaki był w chwili jego zaistnienia. Oczywiście przy tym jest, że nie zawsze będzie to możliwe, gdyż po wypadku nie każdy samochód nadaje się do wykonania takiej próby, a stan nawierzchni jezdni może ulec zmianie np. na skutek zmiany warunków atmosferycznych. Zawsze, jeśli tylko jest to możliwe, należy podjąć trud związany z wykonaniem takiej próby. Jeśli z uwagi na uszkodzenia uczestniczącego w wypadku pojazdu nie można użyć go do wykonania próby hamowania, to należy taką próbę wykonać przy użyciu innego pojazdu, najlepiej jak najbardziej zbliżonego do tego uczestniczącego w wypadku, eliminując w ten sposób przynajmniej jeden obszar niepewności związany ze stanem nawierzchni jezdni w czasie wypadku.

2. Protokół oględzin pojazdu

Pod koniec lat 90. ubiegłego stulecia wszedł do powszechnego użycia protokół oględzin pojazdu. Wskazując na potrzebę wykonywania badań na miejscu wypadku zwracano uwagę, że nie wszystkie pojazdy są zabezpieczane do badania, a w pojeździe niezabezpieczonym użytkownik może dokonać dowolnych zmian, oraz że w przypadku zabezpieczenia pojazdu mogą w nim nastąpić zmiany podczas transportu do miejsca zabezpieczenia lub w trakcie postoju na parkingu [9].

Protokół ten składał się z kilku części, oznaczonych literami od **A** do **L**. Literą **K** została oznaczona część zatytułowana „jazda próbna” (ryc. 1).

K	<p>Jazda próbna: Dokonać jazdy próbnej, zmierzyć długość drogi hamowania z 30 km/h lub odczytać prędkość, przy której pojazd zostawia ślad hamowania takiej długości, jak ujawniono w zdarzeniu.</p> <p>Długość śladów hamowania kół z km/h wynosi:</p> <p>przednie prawe m, przednie lewe m, tylne prawe m, tylne lewe m</p> <p>.....</p> <p>Czy w czasie hamowania samochód ściera: NIE, TAK — TYŁ, PRZÓD, W PRAWO, W LEWO PRZEMIESZCZENIE BOCZNE [cm]</p> <p>Wnioski z jazdy próbnej</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Jeśli pojazd jest niesprawny, to należy go zabezpieczyć!</p>
----------	---

Ryc. 1. Część K protokołu oględzin pojazdu, wprowadzonego do użycia w 1996 r.

Pierwsze polecenie sformułowane w części **K** protokołu oględzin pojazdu wskazywało, że należy „dokonać jazdy próbnej”. Oczywiście w kontekście kolejnych poleceń, jazda ta powinna zostać zakończona hamowaniem i to nie dowolnym, lecz intensywnym, co wynikało z poleceń dotyczących pomiaru długości śladów hamowania, które – jak wiadomo – powstają tylko przy intensywnym hamowaniu.

Z treści protokołu wynikało, że próba hamowania mogła być realizowana w dwojaki sposób: z prędkości 30 km/h lub z prędkości odpowiedniej dla pozostawienia śladu hamowania takiej długości, jaki ujawniono w zdarzeniu. W protokole podano, że należy zmierzyć długość drogi hamowania z prędkości 30 km/h. Pomiar długości drogi hamowania nie może dać w praktyce dokładnego wyniku, ponieważ droga hamowania składa się z drogi przejechanej w czasie narastania opóźnienia hamowania i drogi przejechanej w czasie pełnego hamowania, a pierwsza z nich nie daje się ustalić w czasie badania prowadzonego w terenie bez dysponowania odpowiednią aparaturą badawczą. Zapewne z tego względu w literaturze wskazywano na potrzebę zmierzenia długości śladów hamowania [9]. W praktyce nierzadko zdarzają się jednak przypadki pomiaru długości drogi hamowania, przy czym jej początek jest określany jako minięcie stałego obiektu.

Polecenie, aby „odczytać prędkość, przy której pojazd zostawia ślad hamowania takiej długości, jak ujawniono w zdarzeniu”, przy wykonywaniu badania przez osoby nieposiadające wiedzy z dziedziny rekonstrukcji wypadków drogowych, zmuszało do wykonania co najmniej kilku prób, aby przybliżyć się do uzyskania odpowiedniej długości śladu hamowania. Takie podejście nie spotkało się z aprobatą policjantów pracujących w ekipach pogotowia wypadkowego, co zresztą nie dziwi, ponieważ jazda pojazdem uczestniczącym w wypadku, który na ogół jest w mniejszym lub większym stopniu uszkodzony, jest związana z ryzykiem, które wzrasta z każdą kolejną próbą hamowania. W praktyce policjanci najczęściej odstępowali więc zarówno od mierzenia długości drogi hamowania z 30 km/h, jak i od wykonywania kilku prób hamowania, a koncentrowali się w szczególności, jaka

z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

została wskazana w protokole, która polegała na wykonaniu jednej próby ekstremalnego hamowania z dowolnej prędkości. Wartość tej prędkości wraz ze zmierzoną długością śladów blokowania kół należało wpisać do protokołu. Oczywiście przy tym jest, że wpisywana do protokołu wartość prędkości początkowej była odczytywana z prędkościomierza samochodu. Końcowa część opisu jazdy próbnej, dotycząca innych spostrzeżeń, a w szczególności kwestii związanych ze ściąganiem samochodu nie jest istotna w niniejszych rozważaniach.

W roku 2003 protokół oględzin pojazdu doczekał się zmian, które były odpowiedzią na praktyczne uwagi dotyczące funkcjonujących protokołów oraz rozwój techniki samochodowej [10]. Pozostawiono oznaczenia literowe poszczególnych części, przy czym na skutek dodania części poświęconej układom mechatronicznym, część zatytułowana „jazda próbna” oznaczona została literą **L** (ryc. 2).

Jazda próbna	
Dokonać jazdy próbnej, zmierzyć opóźnienie hamowania $a = \dots\dots\dots$ [m/s^2] lub długość drogi hamowania $S = \dots\dots\dots$ [m]	
z prędkości 50 [km/h]. Długość śladów hamowania kół z prędkości 50 [km/h] wynosi: przednie prawe: $\dots\dots\dots$ [m], przednie lewe: $\dots\dots\dots$ [m], tylne prawe $\dots\dots\dots$ [m], tylne lewe $\dots\dots\dots$ [m]	
Jeśli to możliwe odczytaj z szybkościomierza prędkość $v = \dots\dots\dots$ [km/h], przy której pojazd zostawia ślady hamowania takiej	
L	długości $S_p = \dots\dots\dots$ [m] jak ujawniono w zdarzeniu.
	Czy w czasie hamowania samochód ściąga: NIE, TAK — TYŁ, PRZÓD, W PRAWO, W LEWO
	przemieszczenie boczne $\dots\dots\dots$ [cm]
	Wnioski z jazdy próbnej $\dots\dots\dots$
Jeśli pojazd jest niesprawny, to należy go zabezpieczyć!	

Ryc. 2. Część **L** protokołu oględzin pojazdu, po wprowadzeniu zmian w 2003 r.

Jak można zauważyć już z pobieżnej analizy treści części **L** zmienionego protokołu, wzrosły wymagania odnośnie sposobu wykonywania jazdy próbnej, ponieważ pojawiło się polecenie zmierzenia opóźnienia hamowania uzyskanego przez samochód hamowany z prędkości 50 km/h. Przyznać należy, że był to element najbardziej oczekiwany przez biegłych, ponieważ w tamtych czasach lawinowo zaczęła narastać liczba samochodów wyposażonych w układ ABS, który na ogół niewczy próby ustalenia długości śladów hamowania. W celu umożliwienia badania opóźnienia hamowania pojazdy pogotowia wypadkowego zostały wyposażone w opóźnieniomierze. Niestety, jak się okazało, były to urządzenia podające jako wynik najczęściej maksymalne opóźnienie hamowania, którego wartość jest nieprzydatna do obliczeń rekonstrukcyjnych [4]. Opóźnieniomierze nie weszły jednak do praktycznego stosowania w czasie powypadkowych oględzin pojazdów. Trudno stwierdzić jednoznacznie, czy policjanci mieli świadomość wątpliwej przydatności wartości opóźnienia zmierzonego posiadany urządzeniem, czy zdecydowały o tym inne czynniki.

W poprawionym protokole dopuszczona została możliwość pomiaru długości drogi hamowania zamiast opóźnienia, z tym, że wskazano na potrzebę wpisania

wartości tej drogi, rezerwując na nią odpowiednie miejsce. Realizacja polecenia, aby zmierzyć „długość drogi hamowania” nadal jednak nie mogła w praktyce dać dokładnych wyników. Polecenie dotyczące pomiaru długości drogi hamowania nie zostało zmienione, pomimo że w literaturze i tym razem wskazywano na potrzebę pomiaru długości śladów hamowania [11].

W dalszej części protokołu należało podać długości śladów hamowania pozostawionych przez poszczególne koła pojazdu hamowanego z prędkości już nie dowolnej, ale ściśle wskazanej – 50 km/h.

W zmienionym protokole zachowano polecenie wpisania wartości prędkości, przy której pojazd zostawia ślady hamowania takiej samej długości, jak ujawnione w zdarzeniu, z tym, że uzupełniono to polecenie o miejsce na wpisanie zarówno prędkości odczytanej z prędkościomierza, jak i długości śladów hamowania ujawnionych w czasie zdarzenia.

Nietrudno domyślić się, że w praktyce policyjnej poprzestawano najczęściej na wykonaniu próby z prędkości 50 km/h i zmierzeniu długości śladów hamowania poszczególnych kół. W najlepszym przypadku próba taka była powtarzana 2–3 krotnie.

Ta część protokołu oględzin pojazdu funkcjonuje w niezmienionej formie do dziś w większości jednostek Policji, a tym samym w praktyce biegły może mieć najczęściej do dyspozycji tylko długości śladów hamowania, jakie pozostawiły koła pojazdu w czasie próby hamowania wykonanej z prędkości początkowej (najczęściej) 50 km/h.

3. Definicje

Droga zatrzymania pojazdu jest to odległość przejechana przez pojazd od miejsca rozpoczęcia reakcji przez kierującego do miejsca zatrzymania pojazdu. Droga zatrzymania składa się z trzech odcinków: drogi przejechanej w czasie reakcji kierującego, drogi przejechanej w czasie narastania opóźnienia hamowania i drogi przejechanej w czasie pełnego hamowania. W rekonstrukcji wypadków drogowych oblicza się najczęściej drogę zatrzymania przy wykorzystaniu następującej zależności.

$$S_z = v_o \left(t_r + \frac{t_n}{2} \right) + \frac{v_o^2}{2 \cdot a} \quad [m] \quad (1)$$

gdzie:

S_z [m] – długość drogi zatrzymania,

v_o [m/s] – prędkość początkowa pojazdu,

t_r [s] – czas reakcji kierowcy,

t_n [s] – czas narastania opóźnienia hamowania,

a [m/s²] – opóźnienie hamowania.

Droga hamowania stanowi sumę drogi przejechanej w czasie narastania opóźnienia hamowania i w czasie pełnego hamowania. Wzór na drogę przejechaną przez pojazd w czasie hamowania uzyskuje się przez pominięcie w równaniu (1) składowej $v_o \cdot t_r$ związanej z czasem reakcji. Wzór na drogę przejechaną przez pojazd w czasie hamowania S_h przybiera więc następującą postać.

$$S_h = v_o \cdot \frac{t_n}{2} + \frac{v_o^2}{2 \cdot a} \text{ [m]} \quad (2)$$

Droga przejechana w czasie pełnego hamowania jest to droga, jaką przejeżdża pojazd hamując z maksymalnym opóźnieniem, możliwym do osiągnięcia na danej nawierzchni jezdni. Podkreślić należy, że obliczenie drogi przejechanej w czasie pełnego hamowania wymaga uwzględnienia spadku prędkości, jaki nastąpił w czasie narastania opóźnienia hamowania. Z przybliżeniem wystarczająco dobrym na potrzeby rekonstrukcji wypadków drogowych można obliczać drogę przejechaną w czasie pełnego hamowania S_p , korzystając z zależności (3), stanowiącej uproszczenie zależności podanej w [14].

$$S_p = \frac{v_o^2}{2 \cdot a} - v_o \cdot \frac{t_n}{2} \text{ [m]} \quad (3)$$

Drogę przejechaną w czasie pełnego hamowania utożsamia się z długością śladów hamowania. Użycie określenia „utożsamia się” wynika z faktu, że jak wykazały badania [13] przy małych prędkościach, ślady na jezdni powstają już w fazie narastania opóźnienia, natomiast przy większych dopiero w fazie efektywnego hamowania. Ponadto od 1 lipca 2006 r. praktycznie wszystkie nowe samochody osobowe sprzedawane w Polsce wyposażane są w układ przeciwblokujący (ABS), który sprawia, że na nawierzchni jezdni nie powstają ślady blokowania kół. Warto jednak pamiętać, że możliwe jest czasem dostrzeżenie śladów hamowania samochodu wyposażonego w układ ABS, szczególnie przy hamowaniu samochodem wyposażonym w opony zimowe w warunkach dodatniej temperatury lub samochodem wyposażonym w opony bieżnikowane [5, 7]. Długość drogi pełnego hamowania samochodu wyposażonego w ABS można również ustalić bezpośrednio po wypadku przy wykorzystaniu obrazu termowizyjnego [8].

4. Niepewność obliczeń opóźnienia hamowania

4.1. Czas narastania opóźnienia hamowania

Dysponowanie wartościami prędkości początkowej i długości śladów hamowania, daje możliwość wyliczenia średniego opóźnienia hamowania, jakie uzyskał badany pojazd w czasie próby hamowania. Opóźnienie to należy obliczać po przekształceniu równania (3) do postaci (4).

$$a = \frac{v_o^2}{2 \cdot S_p + v_o \cdot t_n} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad (4)$$

W wielu sprawach w czasie prowadzenia analizy materiału dowodowego, stwierdziłem, że w obliczeniach pominięte zostało zmniejszenie prędkości w czasie narastania opóźnienia hamowania. Przy obliczaniu prędkości początkowej pojazdu błąd popełniany przy pominięciu tego zmniejszenia prędkości jest tym większy, im mniejsza jest prędkość początkowa pojazdu oraz im większe jest opóźnienie osiągnięte przez dany pojazd i im dłuższy jest czas narastania tego opóźnienia hamowania. Ten ostatni element jest niezwykle istotny przy obliczaniu prędkości motocykli, gdyż czasy narastania opóźnienia hamowania w motocyklach są na ogół znacznie dłuższe niż w samochodach osobowych [1]. Pominięcie zmniejszenia prędkości w czasie narastania opóźnienia hamowania przy obliczaniu opóźnienia z długości śladów hamowania, prowadzi do zawyżenia wyliczonej wartości opóźnienia. Przykładowo dla czasu narastania opóźnienia hamowania równego 0,2 s można wyliczyć, że hamowanie z prędkości początkowej 50 km/h skutkuje uzyskaniem na początku pełnego hamowania prędkości ok. 47 km/h. Jeśli na przykład po próbie hamowania wykonanej z prędkości początkowej 50 km/h, zmierzona długość śladów hamowania wynosiłaby 11 m, to prawidłowo obliczone opóźnienie hamowania byłoby równe 7,8 m/s², natomiast obliczone nieprawidłowo, przy pominięciu zmniejszenia prędkości w czasie narastania opóźnienia, wynosiłoby 8,8 m/s², czyli byłoby zawyżone o 1 m/s².

4.2. Dokładność wskazań prędkościomierza

Próba hamowania wykonana z prędkości wskazywanej przez prędkościomierz nie zawsze może stanowić podstawę do twierdzenia, że opóźnienie hamowania wyliczone na podstawie uzyskanych wyników jest prawidłowe, ponieważ prędkość wskazywana przez prędkościomierz nie zawsze jest rzeczywistą prędkością samochodu. Zgodnie z przepisami prędkościomierz nie może zaniżać rzeczywistej prędkości. Dyrektywa Rady Europy 75/443/EWG 75 wskazuje, że dozwoloną tolerancję prędkościomierza wyraża wzór (5).

$$0 \leq v_A - v_B \leq \frac{v_B}{10} + 4 \text{ [km/h]} \quad (5)$$

gdzie:

v_A – prędkość wskazywana,

v_B – prędkość rzeczywista.

Z przekształcenia wzoru (5) do postaci (6) wynika, że prędkościomierz może zawyżać prędkość maksymalnie o 10% + 4 km/h.

$$v_B \leq v_A \leq 1,1v_B + 4 \text{ [km/h]} \quad (6)$$

Przekształcenie wzoru (6) do postaci (7) daje możliwość obliczenia, że jeżeli prędkość wskazywana na prędkościomierzu wynosiła przykładowo 50 km/h, to prędkość rzeczywista powinna zawierać się w przedziale od 42 km/h do 50 km/h.

$$\frac{v_A - 4}{1,1} \leq v_B \leq v_A \text{ [km/h]} \quad (7)$$

Wprawdzie w nowoczesnych samochodach nie spotyka się już aż tak dużych odchyień, ale nie zmienia to faktu, że prędkość wskazywana przez prędkościomierz może być zawyżona, a jej zawyżenie prowadzić będzie do wyliczenia zawyżonego opóźnienia. Odwołując się do przedstawionego powyżej przykładu, w którym pojazd hamowany z prędkości początkowej 50 km/h pozostawił ślady hamowania o długości 11 m, można wyliczyć, że przyjęcie do obliczeń zamiast prędkości odczytanej z prędkościomierza 50 km/h, minimalnej wartości prędkości rzeczywistej 42 km/h, skutkowałoby wykazaniem opóźnienia 5,6 m/s². Skoro opóźnienie hamowania obliczone dla prędkości 50 km/h wynosiło 7,8 m/s², to różnica wynosiłaby 2,2 m/s².

Błąd wynikający z nieprawidłowego wskazania prędkości przez prędkościomierz zamontowany w pojeździe można oczywiście zmniejszyć, a nawet wyeliminować przez zastosowanie urządzenia wykorzystującego system GPS.

4.3. Dokładność ustalenia miejsca rozpoczęcia hamowania

Podejmowanie próby rzetelnego ustalenia długości drogi hamowania, jako odległości pomiędzy miejscem zatrzymania pojazdu, a miejscem, w którym kierujący rozpoczął hamowanie, jawi się jako całkowicie nieuzasadnione. Miejsce rozpoczęcia hamowania, które określone bywa jako znajdujące się: na wysokości drzewa, obok słupa latarni, w miejscu najechania na wyznaczoną na jezdni linię, obarczone jest bardzo dużą niepewnością, ponieważ o rozpoczęciu hamowania w określonym miejscu decyduje kierujący pojazdem, a jego rozpoczęcie dokładnie w przyjętym miejscu jest niemożliwe. Z racji wymaganej dokładności podana w protokole informacja o długości drogi hamowania jest więc nieprzydatna do obliczania opóźnienia hamowania pojazdu.

5. Przykład z praktyki opiniowania

Po wypadku, w którym samochód ciężarowy potrącił pieszego, pozostawiając na jezdni ślady hamowania, wykonano próbę hamowania. W protokole oględzin pojazdu podano, że pojazd hamowany z prędkości 30 km/h osiągnął opóźnienie hamowania 7,5 m/s² na długości drogi hamowania 4,6 m. Bardziej szczegółowy opis tej próby podał biegły, który uczestniczył w powypadkowym badaniu pojazdu: *przeprowadzono próbę ekstremalnego hamowania pojazdu na suchej, czystej, poziomej nawierzchni z prędkości (według wskazań prędkościomierza pojazdu)*

ok. 30 km/h. Zadaniem kierującego było rozpoczęcie hamowania z zadanej prędkości dokładnie w chwili najeżdżania lewym przednim kołem na poprzeczną linię wyznaczoną na podłożu – do skutku w postaci całkowitego zatrzymania pojazdu. Wykonano dwie takie próby, uzyskując praktycznie tożsamą długość drogi do zatrzymania, wynoszącą 4,6 m.

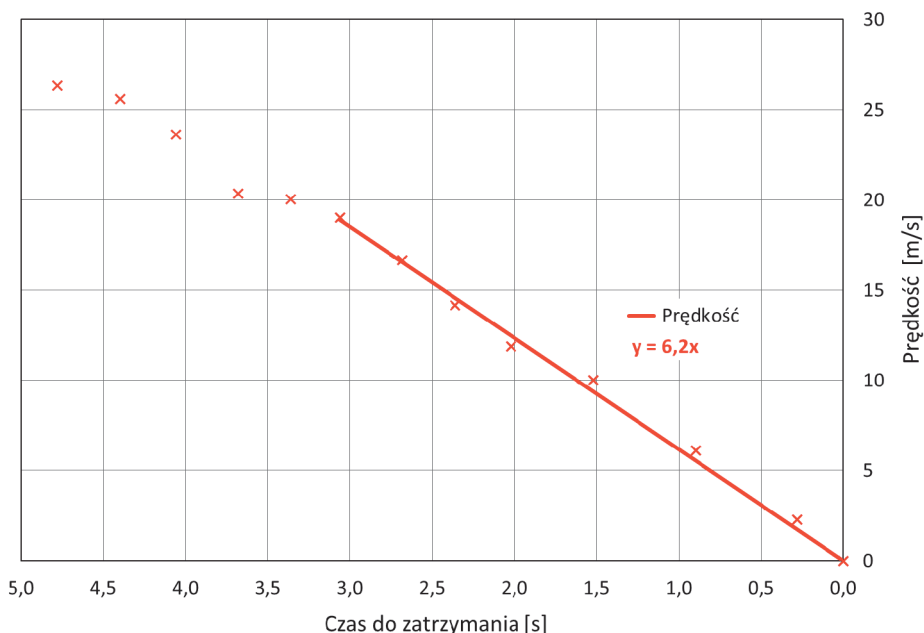
Zarówno w protokole, jak i w opinii technicznej wskazano, że wartość 4,6 m stanowi długość drogi hamowania, co w połączeniu ze wskazaniem, iż zadaniem kierującego było rozpoczęcie hamowania z zadanej prędkości dokładnie w chwili najeżdżania lewym przednim kołem na poprzeczną linię wyznaczoną na podłożu, nie powinno budzić wątpliwości. Przyjęcie do obliczeń prędkości wskazywanej przez prędkościomierz 30 km/h, czasu narastania opóźnienia hamowania właściwego dla pneumatycznego układu uruchamiającego hamulce 0,4 s i podanej długości drogi hamowania równej 4,6 m, prowadzi do wyliczenia opóźnienia ponad 11 m/s^2 , które jest zdecydowanie zbyt duże jak dla tego typu pojazdu. Gdyby – wbrew wskazaniu, że wartość 4,6 m stanowi długość drogi hamowania – przyjąć, że wartość 4,6 m dotyczy tylko drogi przejechanej w czasie pełnego hamowania, to opóźnienie hamowania wyliczone z zależności (4), byłoby równe $5,5 \text{ m/s}^2$.

Pomimo, że opóźnienie hamowania wyliczone przy przyjęciu, iż wartość 4,6 m stanowi długość drogi pełnego hamowania, jest zgrubnie prawidłowe, to obliczenie takie nie może stanowić dowodu na to, że z takim opóźnieniem hamował pojazd w czasie wypadku z uwagi na możliwy błąd ustalenia prędkości początkowej. Korzystając z zależności (7) można wyliczyć, że wskazanie na liczniku wartości 30 km/h może w niektórych pojazdach nastąpić nawet już po osiągnięciu prędkości 24 km/h. Wprowadzenie do obliczeń zamiast 30 km/h, wartości 24 km/h skutkowałoby wykazaniem opóźnienia $6,7 \text{ m/s}^2$ – przy przyjęciu, że wartość 4,6 m stanowi drogę hamowania lub zaledwie $3,8 \text{ m/s}^2$ – przy założeniu, że wartość 4,6 m stanowi tylko drogę pełnego hamowania.

Pomijając sposób ustalania długości drogi hamowania, który już samodzielnie powinien dyskwalifikować taką próbę jako dającą podstawy do obliczenia opóźnienia hamowania, wyniki obliczeń wskazują na opóźnienia od zaledwie $3,8 \text{ m/s}^2$ do ponad 11 m/s^2 . Jeśli pojazd miał sprawny układ hamulcowy, to wyliczona wartość minimalna jest zdecydowanie za mała, a wartość maksymalna jest z kolei niemożliwa do uzyskania przez samochód ciężarowy. Wartości $5,5 \text{ m/s}^2$ i $6,7 \text{ m/s}^2$ korelują z wynikami badań publikowanymi w literaturze [6], ale przecież co do zasady obliczenia opóźnienia na podstawie danych uzyskanych w czasie próby hamowania nie mają służyć poparciu wyników badań.

W sprawie, która posłużyła jako przykład w niniejszym artykule, wykonanie obliczeń sprawdzających doprowadziło więc do stwierdzenia, że podana wartość opóźnienia hamowania $7,5 \text{ m/s}^2$ nie może zostać uznana za prawidłową. W sprawie tej zabezpieczony został materiał z monitoringu wizyjnego, który obejmował w ca-

łości ruchu pojazdu, aż do jego zatrzymania. Wykonana analiza ruchu pojazdu zarejestrowanego przez monitoring pozwoliła na ustalenie, że pojazd ten osiągnął średnie opóźnienie hamowania ok. $6,2 \text{ m/s}^2$ (ryc. 3).



Ryc. 3. Prędkość samochodu ciężarowego w zależności od czasu.

6. Urządzenia pomiarowe

Od wielu lat do pomiaru opóźnienia hamowania stosowany jest opóźniomierz *XL-Meter*, który cechują: wyjątkowa prostota obsługi, wystarczająco długi czas rejestracji pojedynczej próby i duża częstotliwość próbkowania [12]. Jego bezdyskusyjną zaletą jest obliczanie wartości średniego pełnego opóźnienia hamowania (MFDD). Ponadto plik zapisywany przez ten opóźniomierz jest plikiem tekstowym, a więc z zarejestrowanych wartości chwilowego opóźnienia można skorzystać również w innym oprogramowaniu. Niestety dość wysoka cena tego opóźniomierza sprawiła, że nie zyskał w Polsce popularności.

Wraz z rozwojem systemów nawigacji satelitarnej pojawiły się urządzenia, które można wykorzystać do powypadkowych badań pojazdów [2]. Przykładem jest *VBox Sport*, którego atutami są: łatwość obsługi, małe wymiary i relatywnie niewielka cena. Jedynym utrudnieniem jest brak możliwości odczytu opóźnienia hamowania bezpośrednio z urządzenia. Plik z pomiarami należy otworzyć w programie dedykowanym do tego urządzenia i dopiero w tym programie można ustalić wartość opóźnienia hamowania. Zarejestrowane wartości chwilowego opóźnienia można oczywiście również wyeksportować i dokonać obliczeń w dowolnym programie. Urządzenie pomiarowe *VBox Sport* spełnia wymagania, jakie stawiane są

przez biegłych sądowych i rzeczoznawców w odniesieniu do urządzeń służących do pomiaru parametrów dynamiki podłużnej pojazdów, w tym parametrów ekstremalnego hamowania [3] i jego zastosowanie w powypadkowych badaniach pojazdów ma pełne uzasadnienie.

Zastosowanie innych urządzeń dostępnych na polskim rynku, takich jak np. AMX 520, CL 170 i LWS-2, również może przynieść oczekiwane efekty, ale nie należy zapominać o ich nie zawsze wystarczającej dokładności [3].

7. Podsumowanie

1. Próba hamowania wykonana w czasie powypadkowych badań bez użycia urządzenia rejestrującego parametry dynamiczne pojazdu daje ogólny obraz sprawności układu hamulcowego.
2. Obliczenie opóźnienia hamowania na podstawie próby hamowania wykonanej bez użycia urządzenia rejestrującego parametry dynamiczne pojazdu jest możliwe tylko wtedy, gdy zostanie zmierzona długość śladów hamowania i ustalona w sposób dokładny prędkość pojazdu przed rozpoczęciem hamowania.
3. Jeśli efektem finalnym przeprowadzonej próby hamowania ma być uzyskanie dokładnej wartości opóźnienia, jakie uzyskiwał samochód biorący udział w wypadku, to próba hamowania powinna być wykonana z rejestracją parametrów za pomocą stosownego oprzyrządowania.

Bibliografia

1. Ciępka, P. (2019). *Wpływ przyjęcia nieprawidłowej wartości czasu narastania opóźnienia hamowania motocykla na ustalenie przyczyn wypadku*, Paragraf na Drodze, numer specjalny, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 81–90.
2. Ciępka, P., Janczur, R. (2019). *Application of VBox Sport and VBox 3i Devices in the Inspection of Post-Accident Vehicles*, Problems of Forensic Sciences, vol. 117, s. 63–71.
3. Ciępka, P., Janczur, R. (2019). *Urządzenie VBox Sport w praktyce biegłego i rzeczoznawcy samochodowego*, Paragraf na Drodze, nr 4, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 63–73.
4. Ciępka, P., Reza, A. (2013). *Wyniki badań porównawczych opóźnieniomierzy*, Paragraf na Drodze, numer specjalny, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 65–77.
5. Ciępka, P., Reza, A., Zębała, J. (2004). *Wpływ mieszanki gumowej opon bieżnikowanych na opóźnienie hamowania samochodu*, Materiały konferencyjne z II konferencji naukowo-technicznej „Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne”, Wydawnictwo Wyższa Szkoła Biznesu im. bp. Jana Chrapka w Radomiu, s. 45.
6. Drukala, D., Janczur, R. (2001). *Hamowanie ciągników siodłowych i samochodów ciężarowych*, Paragraf na Drodze, nr 2, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 29–34.
7. Geveler, J., Meyna, A., Hunscher, H., Braasch, A., Plinke, F. (2011). *Untersuchung von ABS-Spuren, Teil 2*, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, nr 3, s. 111.

8. Kolator, B., Olszewski, A., Walczak, S., Wołak, S. (2014). *Ślady hamowania pozostawione na jezdni przez samochód wyposażony w układ ABS*, Paragraf na Drodze, nr 10, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 37–45.
9. Reza, A. (1999). *Oględziny miejsca wypadku drogowego – nowe protokoły (część 6). Protokół oględzin pojazdu*, Paragraf na drodze, nr 12, s. 34–44.
10. Reza, A. (2004). *Nowe wzory protokołów oględzin: miejsca wypadku i pojazdu (część 1)*, Paragraf na Drodze, nr 6, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 49–62.
11. Reza, A. (2005). *Nowe wzory protokołów oględzin (część 3). Protokół oględzin pojazdu wielośladowego*, Paragraf na Drodze, nr 8, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 53–67.
12. Reza, A., Zębała, J. (2000). *Pomiary opóźnienia hamowania za pomocą przyrządu XL-Meter*, Paragraf na drodze, nr 6, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 48–52.
13. Reza, A., Zębała, J., Pieniążek, W. (1998). *Badanie eksperymentalne wybranych parametrów hamowania samochodu osobowego*, Zbiór referatów VII Konferencji „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, s. 292.
14. Świder, P. (2017). *Teoria ruchu samochodów*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, s. 146.

* * *

Vehicle inspection report. Braking test and deceleration calculation based on it

Abstract

The aim of the paper is to present a critical evaluation of post-accident inspection of a vehicle in the aspect of braking tests performance methods and braking deceleration calculation based on the results of these tests. It has been demonstrated that deceleration calculation on the basis of a braking test performed with no instrument measuring vehicle motion parameters entails a risk of making a grave error. Some examples of the instrumentation that can and should, in the author's opinion, be used in post-accident inspection of a vehicle have been presented.

Key words

Vehicle inspection, post-accident inspection, braking test, braking deceleration.