



**Piotr
Ciępka**



**Robert
Janczur**

Urządzenie *VBox Sport* w praktyce biegłego i rzeczoznawcy samochodowego

Streszczenie

W artykule zaprezentowano urządzenie *VBox Sport*, produkowane przez *Racelogic* – firmę o uznanej pozycji światowej w obszarze produkcji urządzeń do pomiarów dynamiki samochodów. Autorzy wykonali próby samochodem osobowym, rejestrując parametry jego ruchu za pomocą tego urządzenia oraz dodatkowo za pomocą urządzenia *VBox 3i*, które jest powszechnie stosowane w badaniach dynamiki pojazdów. Porównując dane zarejestrowane tymi dwoma urządzeniami, autorzy wykazali, że urządzenie *VBox Sport* spełnia oczekiwania co do zakresów pomiarowych oraz dokładności i może być wykorzystywane w pracy biegłego zajmującego się rekonstrukcją wypadków drogowych i rzeczoznawcy samochodowego.

Słowa kluczowe

Przyspieszenie, opóźnienie hamowania, hamowanie silnikiem, *VBox Sport*, *VBox 3i*.

* * *

1. Wstęp

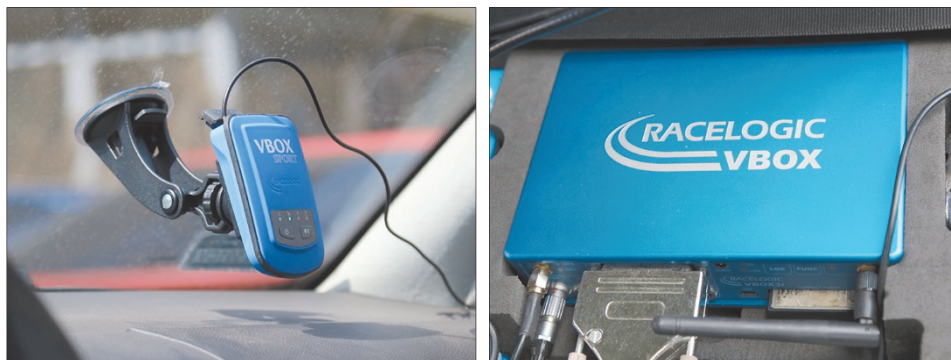
W pracy biegłego i rzeczoznawcy zajmującego się rekonstrukcją wypadków drogowych niejednokrotnie zachodzi potrzeba wykonania badania opóźnienia hamowania, pomiaru przyspieszenia lub ustalenia przebiegu zmian prędkości w czasie wykonywania określonego manewru. W pełni uzasadnionym jest więc posiadanie przez taką osobę urządzenia, które pozwoli na wykonanie tego typu badań. Wraz z rozwojem systemów nawigacji satelitarnej pojawiły się urządzenia, które można z powodzeniem wykorzystać w tym celu. Przykładem takiego urządzenia jest *VBox Sport* firmy *Racelogic*, którego niewątpliwymi atutami są: małe wymiary, szybkość montażu i nieskomplikowana obsługa, szczególnie w zakresie akwizycji danych oraz – co nie jest bez znaczenia – relatywnie niewysoki koszt zakupu.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań hamowania, przyspieszania i hamowania silnikiem samochodu, w którym zamontowano urządzenie *VBox*

Sport oraz urządzenie *VBox 3i*. Już pobieżna analiza specyfikacji tych urządzeń [2] ujawnia, że są one przeznaczone dla różnego rodzaju odbiorców, a tezę tę potwierdza ich cena, gdyż różni się ona dość znacząco. Celem wykonanych badań była odpowiedź na pytanie, czy urządzenie *VBox Sport* pozwala na uzyskiwanie wyników wystarczająco dokładnych na potrzeby biegłego i rzeczoznawcy. Przypomnieć należy, że na łamach *Paragrafu na Drodze*, opublikowany był już artykuł [1], z którego wynika, że istnieje bardzo dobra zgodność jakościowa i ilościowa parametrów mierzonych urządzeniem *VBox 3i* i aparaturą firm *Corrsys-Datron* i *Crossbow*.

2. Obiekty badań

W badaniach użyto dwóch urządzeń firmy *Racelogic* – *VBox Sport* i *VBox 3i*, które zostały zamontowane w samochodzie osobowym Volkswagen Passat. Widok tych urządzeń przedstawiony został na rycinie 1, natomiast w tabeli 1 zestawiono najistotniejsze ich parametry.



Ryc. 1. Widok urządzeń *VBox Sport* (po lewej) i *VBox 3i* (po prawej) zamontowanych w samochodzie Volkswagen Passat.

Tabela 1. Zestawienie parametrów badanych urządzeń.

| | <i>VBox Sport</i> | <i>VBox 3i</i> |
|------------------------|-------------------|------------------------|
| dokładność rejestracji | 1 km/h | 0,1 km/h ^{*)} |
| częstotliwość | 20 Hz | 100 Hz |
| minimalna prędkość | 0,1 km/h | 0,1 km/h |
| maksymalna prędkość | 1800 km/h | 1600 km/h |
| rozdzielczość | 0,01 km/h | 0,01 km/h |

^{*)} uśredniona dla liczby powyżej 4 próbek

Urządzenia *Vbox* wyposażone były w pojedyncze anteny, które zostały umieszczone na dachu samochodu, w niewielkiej odległości od siebie (ryc. 2).

Urządzenie *VBox 3i* używa odbiorników GPS i GLONASS, natomiast *VBox Sport* wyposażony jest wyłącznie w odbiornik GPS, ale z literatury wynika, że dodanie informacji z systemu GLONASS nie wykazało istotnego wpływu na poprawę w zakresie dokładności obliczeń prędkości [3]. Oba urządzenia obliczają prędkość na podstawie efektu Dopplera, tj. przesunięcia w sygnale nośnym GPS.



Ryc. 2. Anteny GPS zamontowane na dachu samochodu Volkswagen Passat.

Dużym atutem urządzenia *VBox Sport* jest sposób rejestracji wyników. Na karcie pamięci zapisywane są pliki z rozszerzeniem *.vbo, które w rzeczywistości są plikami tekstowymi z danymi separowanymi spacjami, co umożliwia wykorzystanie uzyskanych wyników w innym oprogramowaniu – np. w arkuszu kalkulacyjnym. Wraz z urządzeniem *VBox Sport* użytkownik otrzymuje programy *Circuit Tools* i *Performance Tools*, natomiast bardziej zaawansowane narzędzie, jakim jest program *VBox Test Suite*, można bezpłatnie pobrać ze strony producenta. Oprogramowanie dostarczane przez producenta pozwala na wizualizację wyników w sposób bezpośredni oraz na obliczanie wielu parametrów, w tym opóźnień i przyspieszeń w zadanych przedziałach prędkości.

3. Pojazd badawczy

Do wykonania prób drogowych wykorzystano samochód osobowy Volkswagen Passat B5 Variant (rok produkcji 2002, przebieg 112 tys. km), który wyposażony był w silnik 1.9 TDI o mocy 96 kW (130 KM). Samochód miał w czasie badań zamontowane opony M+S o jednakowym rozmiarze 185/65 R15 88T, przy czym na kołach przednich były zamontowane opony Uniroyal Plus 44, natomiast na kołach tylnych opony GoodYear Ultragrip. Ciśnienia w oponach zostały wyregulowane dla obciążenia częściowego i wynosiły 2,3 bar w oponach kół przednich i 2,1 bar w oponach kół tylnych. Widok pojazdu badawczego jest przedstawiony na rysunku 3.



Ryc. 3. Samochód Volkswagen Passat wykorzystany w badaniach.

4. Próby drogowe

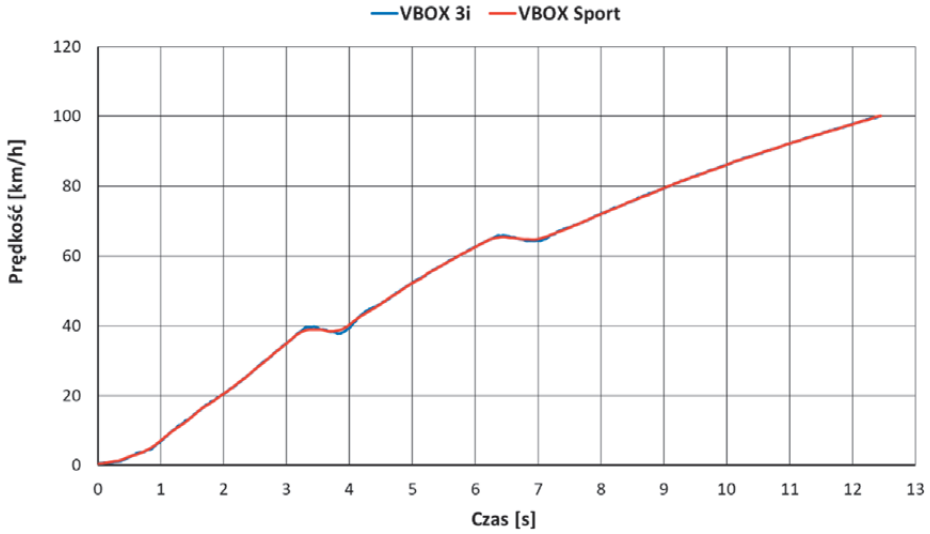
W czasie badań wykonano próby przyspieszania i intensywnego hamowania oraz dodatkowo próbę hamowania silnikiem. Jazdy testowe zostały przeprowadzone na terenie Krakowa, na suchej, asfaltowej nawierzchni, w miesiącu kwietniu przy temperaturze ok. 15°C.

4.1. Przyspieszanie

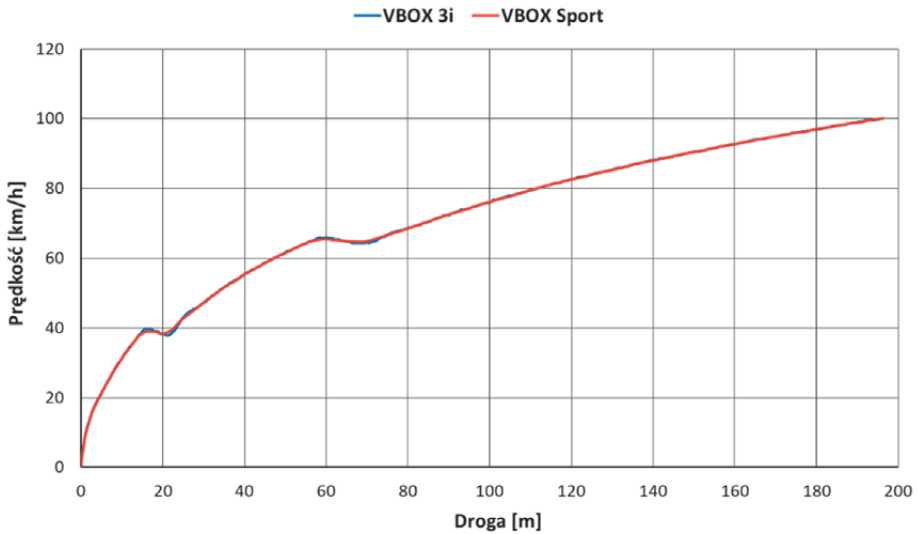
Wykonano pięć prób intensywnego przyspieszania samochodu do osiągnięcia prędkości ponad 100 km/h. Na rycinach 4 i 5 przedstawiono porównanie przykładowych przebiegów zmiany prędkości w zależności od czasu i od drogi, uzyskanych dla próby nr 2.

Korzystając z programu *VBox Test Suite* obliczono dla każdej próby czas od ruszenia do osiągnięcia prędkości 100 km/h i średnie przyspieszenie w tym zakresie oraz czas rozpędzania samochodu od prędkości 60 km/h do prędkości 100 km/h¹. Wyniki obliczeń są przedstawione w tabeli 2.

¹ Zaznaczyć należy, że wartości czasu rozpędzania samochodu od 60 km/h do 100 km/h pochodzą z prób maksymalnego przyspieszania, w których samochód w podanym przedziale prędkości miał włączony trzeci bieg. Odnoszenie uzyskanych wyników do badań wykonanych zgodnie z normą PN-92/S-77500 „Badania samochodów. Pomiary prędkości i intensywności rozpędzania” byłoby więc nieuprawnione.



Ryc. 4. Wykres zmian prędkości w zależności od czasu podczas intensywnego przyspieszania samochodu Volkswagen.



Ryc. 5. Wykres zmian prędkości w zależności od drogi podczas intensywnego przyspieszania samochodu Volkswagen.

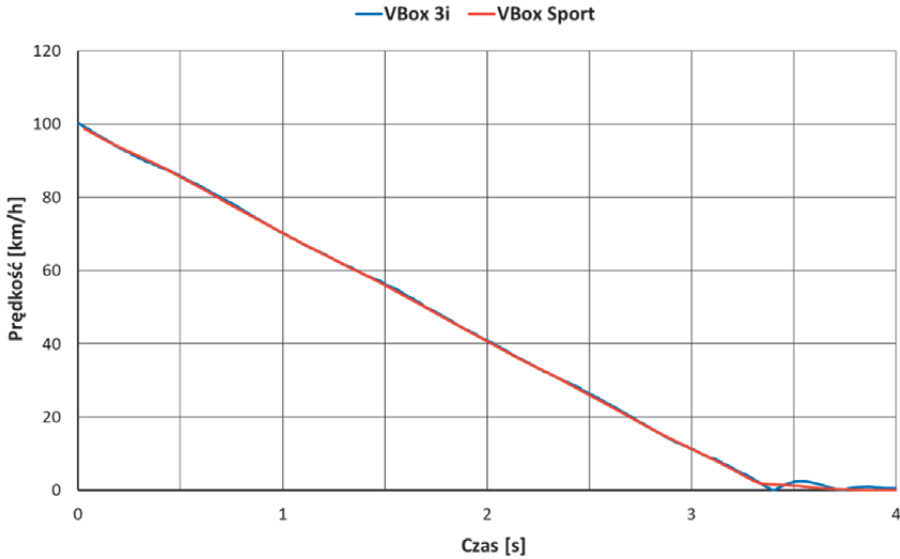
Tabela 2. Wyniki badania przyspieszania, uzyskane na podstawie przebiegu zmian prędkości zmierzonych urządzeniami VBox Sport i VBox 3i.

| nr próby | urządzenie pomiarowe | średnie przyspieszenie 0–100 km/h [m/s ²] | czas przyspieszania 0–100 km/h [s] | czas przyspieszania 60–100 km/h [s] |
|------------------------|----------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | <i>VBox Sport</i> | 2,0 | 12,4 | 6,7 |
| | <i>VBox 3i</i> | 2,0 | 12,4 | 6,7 |
| 2 | <i>VBox Sport</i> | 2,0 | 12,4 | 6,7 |
| | <i>VBox 3i</i> | 2,0 | 12,3 | 6,7 |
| 3 | <i>VBox Sport</i> | 1,9 | 12,3 | 7,0 |
| | <i>VBox 3i</i> | 1,9 | 12,3 | 7,0 |
| 4 | <i>VBox Sport</i> | 2,3 | 10,9 | 5,6 |
| | <i>VBox 3i</i> | 2,3 | 10,8 | 5,6 |
| 5 | <i>VBox Sport</i> | 2,0 | 12,1 | 6,7 |
| | <i>VBox 3i</i> | 2,0 | 12,0 | 6,7 |
| wartość średnia | <i>VBox Sport</i> | 2,0 | 12,0 | 6,5 |
| | <i>VBox 3i</i> | 2,0 | 12,0 | 6,5 |
| odchylenie standardowe | <i>VBox Sport</i> | 0,2 | 0,6 | 0,5 |
| | <i>VBox 3i</i> | 0,2 | 0,7 | 0,5 |

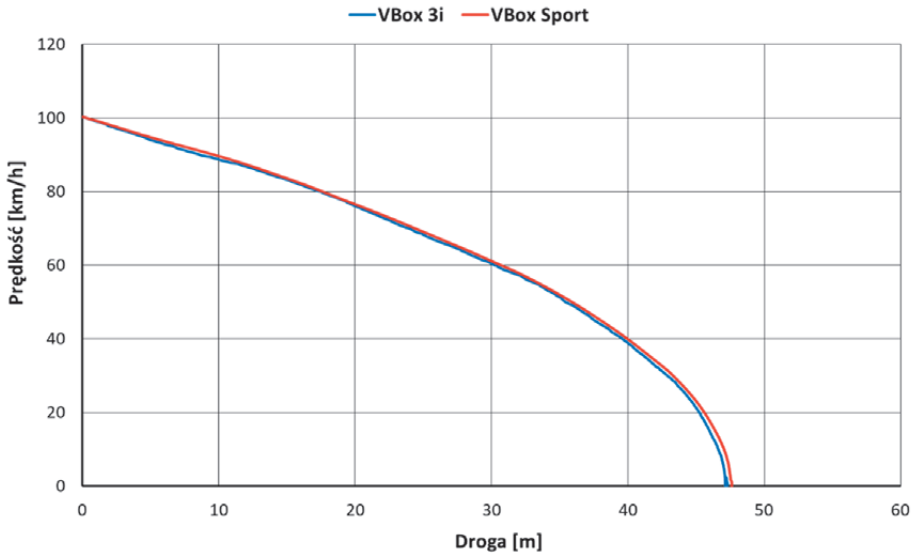
Porównanie wyników uzyskanych w próbach, w których rejestracja odbywała się za pomocą urządzeń *VBox Sport* i *VBox 3i* nie wykazuje różnic w obliczonych średnich przyspieszeniach w zakresie prędkości od 0 km/h do 100 km/h i w czasie przyspieszania od 60 km/h do 100 km/h. Różnica czasu przyspieszania od 0 km/h do 100 km/h sięgała natomiast 0,1 s. Uzasadnione jest więc twierdzenie, że jeżeli celem pomiarów nie jest bardzo dokładne ustalenie czasu rozpędzania, to wykazane różnice w wynikach uzyskanych dla obu urządzeń nie mają znaczenia. W szczególności nie powinny one być istotne przy zastosowaniu urządzenia *VBox Sport* w praktyce biegłego sądowego i rzeczoznawcy, przy opiniowaniu w sprawach dotyczących wypadków drogowych.

4.2. Intensywne hamowanie

W czasie badań wykonano pięć prób intensywnego hamowania samochodu z prędkości początkowej ok. 100 km/h. Na rycinach 6 i 7 przedstawiono przykładowe przebiegi zmian prędkości w zależności od czasu i od drogi dla próby nr 1.



Ryc. 6. Wykres zmian prędkości w zależności od czasu podczas intensywnego hamowania samochodu Volkswagen.



Ryc. 7. Wykres zmian prędkości w zależności od drogi podczas intensywnego hamowania samochodu Volkswagen.

Urządzenia *VBox* rejestrują wartości prędkości w odpowiednich odstępach czasu, wynikających z częstotliwości rejestracji. Sprawia to, iż zależności prędkości jako funkcji czasu uzyskuje się w sposób bezpośredni, natomiast zależności prędkości jako funkcji drogi wymagają obliczenia drogi przejechanej przez pojazd

badania

pomiędzy dwoma, kolejno zarejestrowanymi punktami. Jej ustalenie jest również niezbędne dla obliczenia średniego pełnego opóźnienia hamowania (MFDD). Obliczeń przebytej drogi można dokonać w programie *VBox Test Suite*. Na podstawie przebiegów prędkości w zależności od drogi obliczono średnie opóźnienie hamowania (MFDD) [4], zgodnie ze wzorem (1) oraz średnie opóźnienie w zakresie prędkości od 100 km/h do zatrzymania, według zależności (2). Wyniki obliczeń podane zostały w tabeli 3.

$$MFDD = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92(s_e - s_b)} \quad (1)$$

gdzie:

v_0 – prędkość przed rozpoczęciem hamowania [km/h],

v_b – prędkość pojazdu odpowiadająca prędkości 0,8 v_0 [km/h],

v_e – prędkość pojazdu odpowiadająca prędkości 0,1 v_0 [km/h],

s_b – droga przejechana pomiędzy prędkościami v_0 i v_b [m],

s_e – droga przejechana pomiędzy prędkościami v_0 i v_e [m].

$$a = \frac{v_p^2}{2 \cdot s} \quad (2)$$

gdzie:

v_p – prędkość początkowa [m/s],

s – długość drogi hamowania [m].

Tabela 3. Wyniki obliczeń drogi hamowania i opóźnień hamowania.

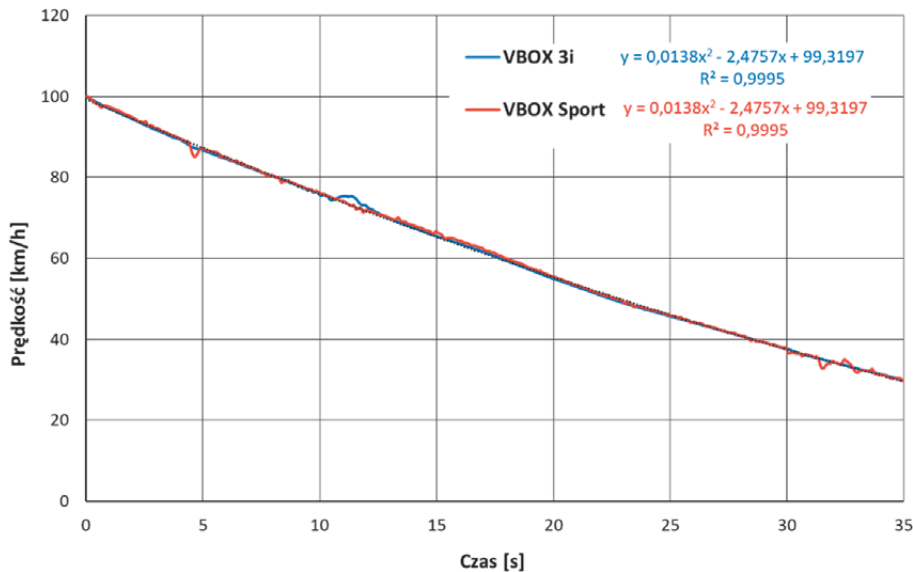
| nr próby | urządzenie pomiarowe | droga hamowania [m] | średnie opóźnienie [m/s ²] | MFDD [m/s ²] |
|------------------------|----------------------|---------------------|--|--------------------------|
| 1 | <i>VBox Sport</i> | 47,4 | 8,1 | 8,3 |
| | <i>VBox 3i</i> | 46,9 | 8,2 | 8,3 |
| 2 | <i>VBox Sport</i> | 48,5 | 8,0 | 8,1 |
| | <i>VBox 3i</i> | 48,9 | 7,9 | 8,2 |
| 3 | <i>VBox Sport</i> | 43,9 | 8,8 | 8,8 |
| | <i>VBox 3i</i> | 43,9 | 8,8 | 8,7 |
| 4 | <i>VBox Sport</i> | 47,4 | 8,1 | 8,1 |
| | <i>VBox 3i</i> | 47,7 | 8,1 | 8,1 |
| 5 | <i>VBox Sport</i> | 46,9 | 8,2 | 8,2 |
| | <i>VBox 3i</i> | 47,2 | 8,2 | 8,2 |
| wartość średnia | <i>VBox Sport</i> | 46,8 | 8,2 | 8,3 |
| | <i>VBox 3i</i> | 46,9 | 8,2 | 8,3 |
| odchylenie standardowe | <i>VBox Sport</i> | 1,7 | 0,3 | 0,3 |
| | <i>VBox 3i</i> | 1,9 | 0,3 | 0,3 |

Różnice średnich opóźnień, uzyskanych dla prób, w których rejestracja odbywała się za pomocą urządzeń *VBox Sport* i *VBox 3i*, nie przekraczały $\pm 0,1 \text{ m/s}^2$. W ocenie autorów, wykazane różnice nie są istotne w kontekście zastosowania urządzenia *VBox Sport* do celów związanych z rekonstrukcją wypadków drogowych, ponieważ w rekonstrukcji właściwe jest przyjmowanie określonego przedziału opóźnień, a nie konkretnej wartości. Przyjmowany do obliczeń przedział (najczęściej $\pm 0,5 \text{ m/s}^2$) jest większy od różnic, jakie wystąpiły pomiędzy obliczonymi wartościami opóźnień w poszczególnych próbach. Dla porządku można jednak wskazać, że różnice w obliczonych wartościach mogą wynikać z dwóch przyczyn:

- Wartości prędkości zarejestrowane w poszczególnych odstępach czasu przez oba urządzenia nie są identyczne, a obliczenia prowadzone są na podstawie konkretnych wartości prędkości, które są aproksymowane pomiędzy dwoma kolejnymi punktami. Na wynik obliczeń mogą więc wpływać niewielkie różnice wartości zarejestrowanych prędkości.
- Do obliczenia wartości opóźnień w zależności od drogi niezbędne jest obliczenie drogi przejechanej przez pojazd, a każde obliczenie zawsze obarczone jest jakąś niepewnością [5].

4.3. Hamowanie silnikiem

Na zakończenie badań wykonano próbę hamowania silnikiem na biegu III. Analizie poddano przedział prędkości od 100 km/h do 30 km/h. Na rycinie 8 przedstawiono porównanie przebiegów zmiany prędkości, zarejestrowanych przez urządzenia *VBox Sport* i *VBox 3i* w zależności od czasu.



Ryc. 8. Przebiegi zmian prędkości w zależności od czasu podczas hamowania silnikiem samochodu Volkswagen Passat 1.9 TDI na III biegu.

Przebiegi zmian prędkości uzyskane z urządzeń *VBox* (bez filtrowania) aproksymowano za pomocą wielomianów drugiego stopnia, uzyskując w obu przypadkach taki sam współczynnik korelacji ($R^2 = 0,9995$) i identyczne krzywe aproksymujące, o czym świadczą opisujące je równania. Na podstawie wykonanej próby można stwierdzić, że samochód Volkswagen w czasie ruchu na III biegu od prędkości 100 km/h do prędkości 30 km/h zmniejszył swoją prędkość na skutek hamowania silnikiem ze średnim opóźnieniem równym $0,56 \text{ m/s}^2$.

5. Podsumowanie

Porównanie wyników obliczeń opóźnienia hamowania i przyspieszenia, uzyskanych dla prób, w których rejestracja prędkości odbywała się za pomocą urządzeń *VBox Sport* i *VBox 3i*, daje podstawy do stwierdzenia, że różnice w obliczonych wartościach nie występują lub są pomijalnie małe. 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 (np. parametrów ekstremalnego hamowania). Należy wysoko ocenić przydatność urządzenia pomiarowego *VBox Sport* w praktyce rzeczoznawczej. W celu wyeliminowania błędów przypadkowych zaleca się każdorazowo wykonanie większej liczby prób.

* * *

Autorzy artykułu składają podziękowania firmie CYBID spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k., za udostępnienie urządzenia pomiarowego *VBox 3i* dla potrzeb wykonania badań drogowych.

* * *

Bibliografia

1. Bułka, D., Janczur, R., Wach, K. (2011). *Nowoczesna aparatura pomiarowa do badań podłużnej i poprzecznej dynamiki pojazdów*, Paragraf na Drodze nr 11.
2. Dane techniczne urządzeń firmy *Racelogic*, strona internetowa www.racelogic.co.uk (dostęp w dniu 24 sierpnia 2019 r.).
3. Dyukov, A., Choy, S., Silcock, D. (2015). *Accuracy of Speed Measurements using GNSS in Challenging Environments*, Asian Journal of Applied Sciences, Volume 03 – Issue 06, ISSN: 2321 – 0893.
4. *Regulamin nr 13-H Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji samochodów osobowych w zakresie hamowania*.
5. Wach, W. (2014). *Wiarygodność strukturalna rekonstrukcji wypadków drogowych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków.

* * *

VBox Sport in the practice of a court expert witness and certified motor vehicle expert

Abstract

VBox device, produced by Racelogic – a company of world renown as a manufacturer of the apparatus for car dynamics measurements is presented. The authors performed tests on a car to record the parameters of its motion with this device and, additionally, with *VBox 3i*, commonly applied in vehicle dynamics testing. The comparison of the data recorded with these two devices proved that *VBox Sport* meets the expectations as to the measurement ranges and accuracy and can be used by both a car expert and an expert witness in his/her reconstruction of accidents.

Key words

Acceleration, braking deceleration, engine braking, Racelogic, *VBox Sport*, *VBox 3i*.

