

APPLICATION OF VBOX SPORT AND VBOX 3i DEVICES IN THE INSPECTION OF POST-ACCIDENT VEHICLES

Piotr CIEPKA¹, Robert JANCZUR²

¹ *Institute of Forensic Research, Kraków, Poland*

² *Cracow University of Technology, Kraków, Poland*

Abstract

Two Racelogic produced devices: VBox Sport and VBox 3i are presented. The authors performed dynamic tests of a car in which its motion parameters were recorded with these devices in order to check whether the results obtained with VBox Sport are equally accurate as those obtained with VBox 3i, especially in view of its application in the inspection of post-accident vehicles. It was demonstrated that in the tests done with VBox 3i with no inertial measurement unit (IMU) the differences between the calculated values are not significant from the point of view of a traffic accident reconstruction expert. The addition of IMU to the device, however, made the differences slightly bigger, particularly in the calculation of decelerations.

Keywords

Acceleration; Braking deceleration; Racelogic; VBox Sport; VBox 3i; IMU.

Received 16 July; accepted 11 October 2019

1. Introduction

Traffic accident reconstruction experts often have to examine a vehicle that participated in an accident or a vehicle of comparable dynamic properties if the vehicle participating in the accident is unavailable for inspection because of, for instance, its considerable damages. The parameter most frequently examined is braking deceleration, but sometimes acceleration must be measured or the course of speed during the performance of a given manoeuvre must be identified.

Until recently, vehicle dynamics testing was reserved for car manufacturers, certified institutions and research institutes. With the development of satellite navigation systems apparatus has appeared that can be applied not only for research purposes but also in the activities of an expert reconstructing traffic accidents. Such apparatus includes Racelogic manufactured VBox whose unquestionable advantages are fast installation, small dimensions and user friendliness, especially in data acquisition.

The aim of the present paper is to compare two devices on the Racelogic offer, i.e. VBox 3i and VBox Sport. The analysis of the specifications of the two devices indicates considerable differences in their measurement capabilities. VBox 3i can operate in two configurations – as a satellite signal receiver only and as a receiver integrated with inertial measurement unit IMU. Moreover, it can be used for the decoding and recording of the digital signals from the vehicle CAN bus, owing to which a measuring system can be built using the sensors which are an integral part of the car. The measurement signals most frequently acquired from the CAN bus in the lateral and longitudinal acceleration testing include: the position of the acceleration pedal, engine speed, the speed of individual wheels (computed by the ABS), the gear engaged, steering wheel angle (Bułka, Janczur, Wach, 2011). VBox Sport, on the other hand, is a simple satellite signal receiver with no possibility of recording parameters other than speed and location.

The comparison of the VBox devices was based on dynamic tests performed on a car. The literature provides reports on very good qualitative and quantitative compatibility of the parameters measured with VBox 3i and Corrsys-Datron and Crossbow apparatus (Bułka, Janczur, Wach, 2011), therefore the basic aim of this comparison was to answer the question whether the results obtained with VBox Sport are accurate enough for the needs of a traffic accident reconstruction expert.

2. Test objects

The tested VBox Sport and VBox 3i were fixed on a Volkswagen Passat car. The view of these devices is shown in Figure 1, their essential parameters are given in Table 1.

VBox 3i uses GPS and GLONASS receivers, while VBox Sport only GPS receiver. From the literature it follows that the addition of data from GLONASS to GPS does not significantly improve the accuracy of speed computations (Dyukov, Choy, Silcock, 2015).

In some tests VBox 3i was integrated with the inertial measurement unit IMU which measured the accelerations in three directions perpendicular to each other and the angular velocities relative to these directions. Although all the tests were run in an area of good satellite reception, it is worth noting that the use of this

Table 1
Parameters of the tested devices

	VBox 3i	VBox Sport
Recording accuracy	0.1 km/h*	1 km/h
Frequency	100 Hz	20 Hz
Minimal speed	0.1 km/h	0.1 km/h
Maximal speed	1600 km/h	1800 km/h
Resolution	0.01 km/h	0.01 km/h

* averaged for the number of tests over 4

unit together with the implementation of a Kalman filter ensures an improvement of the accuracy of the recorded speeds, particularly in areas of less reliable satellite reception most frequently caused by the tree canopies, high-rise buildings or overpasses. Owing to a direct measurement of accelerations, IMU is also indispensable in the measurements of lateral dynamics.

Both devices were equipped with single antennas fixed on the car roof spaced at a close distance from each other. The VBox 3i used was not configured with RTK¹ assistance, which – according to the manufacturer’s specifications – offered the possibility

¹ RTK (*Real Time Kinematic*) enables the acquisition of very accurate positioning measurements (ca. 2 cm) in real-time using the base station – a receiver located in a precisely specified point that defines differential corrections to individual satellites in real-time.



Fig. 1. VBox 3i (on the left) and VBox Sport (on the right) – photographs of the devices by the manufacturer.



Fig. 2. VBox measurement apparatus fixed in the Volkswagen car – photographs by the authors.

of achieving the positional accuracy of ± 2 m, while this accuracy of VBox Sport is ± 5 m. This difference, however, does not affect the speed calculation because both devices compute the speed on the basis of Doppler effect, i.e. the shift in the GPS carrier signal, rather than the position.

The software provided by the manufacturer enables the online visualisation of the results as well as the computation of many parameters, including decelerations and accelerations over specified speed ranges.

3. Road tests

To perform the road tests a Volkswagen Passat B5 Variant car (year of manufacture 2002, mileage of 112,000 km) was employed, equipped with M+S

tyres. The tests covered acceleration and intensive braking. The test drives were done within Kraków, on a dry asphalt road surface.

3.1. Results of acceleration tests

Five tests of vehicle intensive acceleration up to the speed of over 100 km/h were performed. Figs. 3 and 4 illustrate examples of speed curves vs time. Using the VBox Test Suite program, the time interval from the start to reaching the speed of 100 km/h and mean acceleration in this range were calculated for each test. The results are presented in Tables 2 and 3.

The comparison of the results obtained in the tests in which the recording was done with VBox Sport and VBox 3i (with no IMU) does not indicate differences in the calculated mean accelerations in the speed range

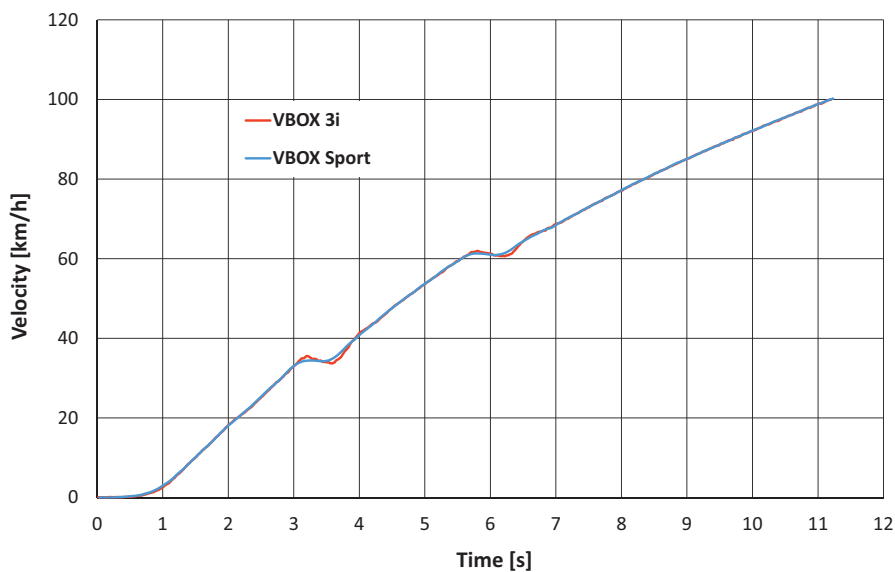


Fig. 3. Speed curves vs time during rapid acceleration of the Volkswagen car (recorded by VBox 3i with no IMU; test No 2).

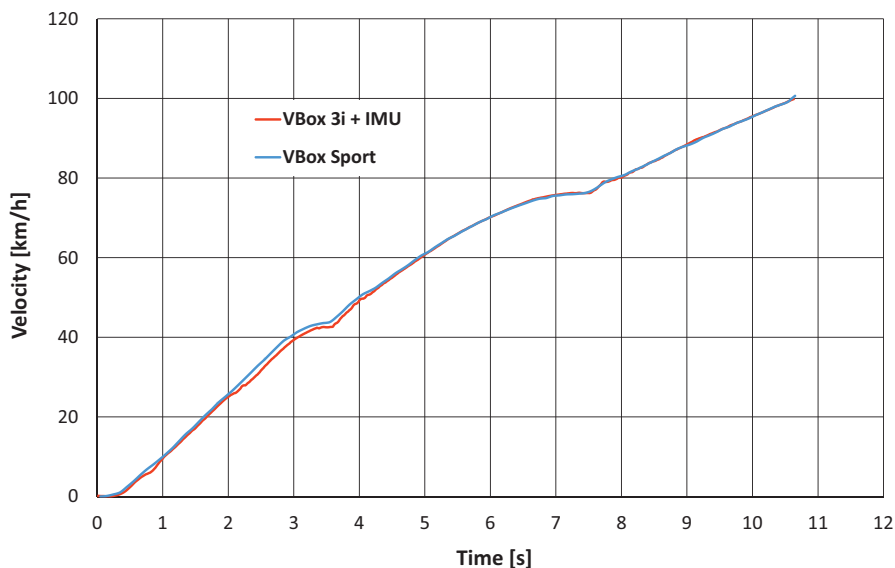


Fig. 4. Speed curves vs time during rapid acceleration of the Volkswagen car (recorded by VBox 3i with IMU; test No 1).

Table 2
Results of acceleration tests obtained on the basis of speeds measured with VBox Sport and VBox 3i

No of test	Measurement device	Mean acceleration [m/s ²]	Time of acceleration [s]
1	VBox 3i	2.0	12.4
	VBox Sport	2.0	12.4
2	VBox 3i	2.0	12.3
	VBox Sport	2.0	12.4
3	VBox 3i	1.9	12.3
	VBox Sport	1.9	12.3
4	VBox 3i	2.3	10.8
	VBox Sport	2.3	10.9
5	VBox 3i	2.0	12.0
	VBox Sport	2.0	12.1
Mean value	VBox 3i	2.0	12.0
	VBox Sport	2.0	12.0
Standard deviation	VBox 3i	0.2	0.7
	VBox Sport	0.2	0.6

of 0 km/h to 100 km/h. The differences between the acceleration time from 0 km/h to 100 km/h did not exceed 0.1 s.

The comparison of the results obtained in the tests in which VBox 3i was integrated with IMU (Table 3) indicates that the differences in the calculated mean accelerations in the speed range of 0 km/h to 100 km/h were negligibly small², while the maximum differences in the acceleration time from 0 km/h to 100 km/h most frequently were ca. 0.1 s (in one test 0.7 s).

3.2. Results of intensive braking tests

Five tests on the intensive braking of the car at the initial speed of ca. 100 km/h. Figs. 5 and 6 illustrate examples of speed curves vs time.

VBox devices record the speed values at relevant instant time corresponding to the recording frequency. As a result, the speed history as a function of time is obtained online. To calculate the mean fully developed braking deceleration (MFDD)³, on the other hand, it is

² The difference of 0,1 m/s² shown in table 3 result from the rounding of the quoted values to one decimal place. In tests 3 and 5 the differences were 0.03 m/s².

³ MFDD (Mean Fully Developed Deceleration) – deceleration calculated according to regulation no 13 of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) – Uniform regulations for car approval certification concerning braking.

Table 3
Results of acceleration tests obtained on the basis of speeds measured with VBox Sport and VBox 3i integrated with IMU

No of test	Measurement device	Mean acceleration [m/s ²]	Time of acceleration [s]
1	VBox 3i + IMU	2.3	10.3
	VBox Sport	2.3	10.4
2	VBox 3i + IMU	2.1	11.0
	VBox Sport	2.1	11.0
3	VBox 3i + IMU	2.2	11.5
	VBox Sport	2.1	11.6
4	VBox 3i + IMU	2.2	11.2
	VBox Sport	2.2	10.5
5	VBox 3i + IMU	2.3	10.5
	VBox Sport	2.2	10.6
Mean value	VBox 3i + IMU	2.2	10.9
	VBox Sport	2.2	10.8
Standard deviation	VBox 3i + IMU	0.1	0.5
	VBox Sport	0.1	0.5

essential to determine the distance covered by the vehicle. This calculation can be done online in the VBox Test Suite. On the basis of speed histories vs distance the mean fully developed braking deceleration and mean deceleration in the speed range of 100 km/h to stop speed were calculated. The calculation results are given in Tables 4 and 5.

The analysis of the calculated decelerations allows a conclusion that the differences in mean decelerations obtained in the tests in which it was recorded with VBox Sport and VBox 3i did not exceed ± 0.1 m/s². When, however, VBox 3i was integrated with IMU, the differences increased up to ± 0.3 m/s².

4. Conclusions

The comparison of the results of braking deceleration and acceleration calculations obtained in tests in which the speed was recorded with VBox Sport and VBox 3i gives a ground for the conclusion that from the point of view of a traffic accident reconstruction expert the differences in the calculated values are not significant. The integration of VBox 3i with IMU makes the differences slightly bigger, specially in deceleration calculation. The reasons can be attributed to several aspects. Firstly, even a rough analysis of speed data vs time (Figs. 5 and 6) indicates that the speeds recorded at particular moments are not identical. The

calculations, however, are done on the basis of actual speed values. When VBox 3i with no IMU is applied, these values are approximated between two subsequent points, while in the case of VBox 3i configured with IMU – they are additionally filtered by a Kalman filter. To calculate deceleration vs distance it is essential to calculate the distance covered by the vehicle, and each calculation is done with uncertainty (Wach, 2014). Moreover, the inertial measurement unit is applied, the speed values are recorded with the correction resulting from the instantaneous values of deceleration taken into account. This affects the recorded values not only when the GPS signal is temporarily undetected, but also when the car is stopped abruptly. Therefore, it is justified to state that the differences in the calculated values of deceleration derive from different values of

instant speeds recorded by both devices. Fig. 7 illustrates the differences between the values recorded by the devices in two tests shown in Figs. 5 and 6. The analysis of the plotted curves clearly demonstrates that the differences are bigger when VBox 3i is integrated with IMU. Further research seems recommended to more precisely identify the causes of such differences, and, in particular, to check whether the application of the inertial measurement unit in car longitudinal dynamics testing is advisable.

Acknowledgements

The authors kindly thank CYBID sp. z o.o. sp.k. for making VBox 3i measuring device available for the needs of the performance of the road tests.

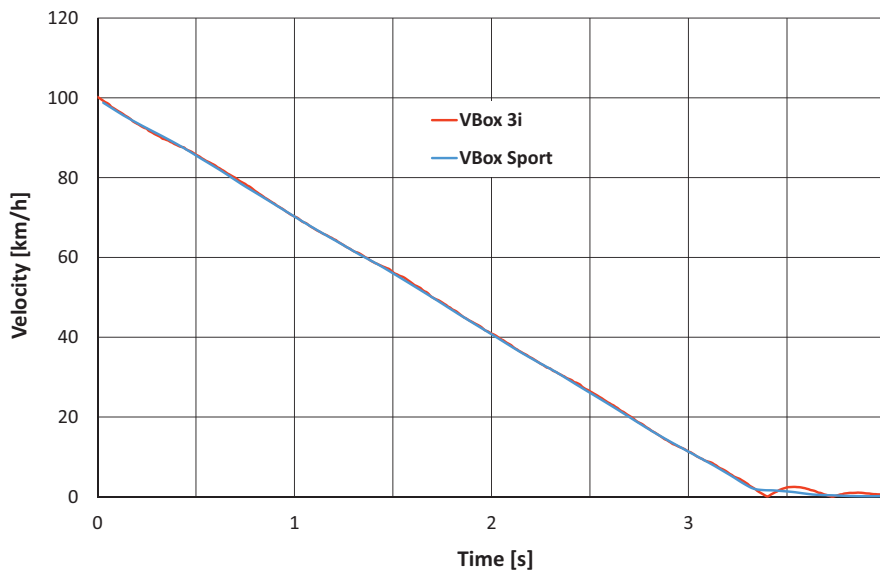


Fig. 5. Speed curves vs time during intensive braking of the Volkswagen car recorded by VBox 3i with and with no IMU; test No 1).

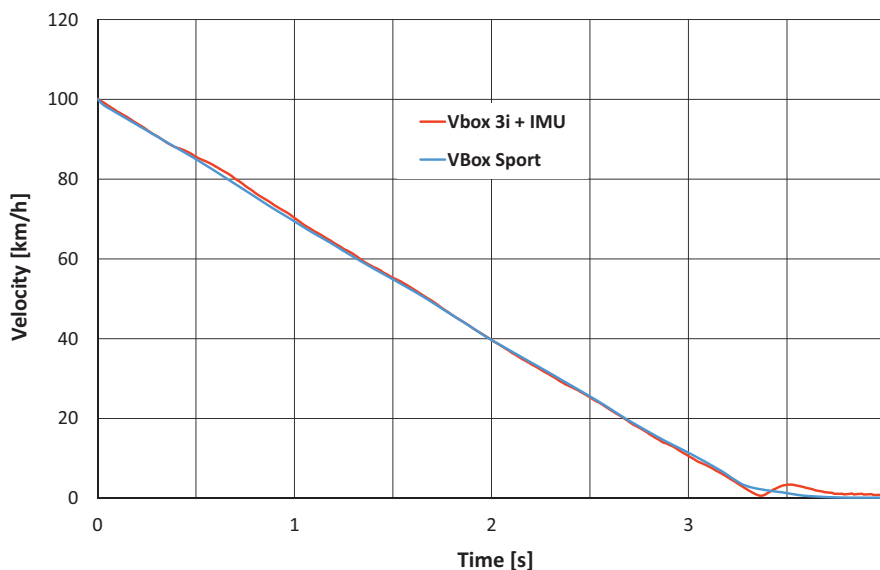


Fig. 6. Speed curves vs time during intensive braking of the Volkswagen car (recorded by VBox 3i with IMU; test No 5).

Table 4
Results of the calculations of stopping distance and braking deceleration in tests in which speed was recorded with VBox 3i with no IMU

No of test	Measuring device	Stopping distance [m]	Mean deceleration [m/s ²]	MFDD [m/s ²]
1	VBox 3i	46.9	8,2	8.3
	VBox Sport	47.4	8.1	8.3
2	VBox 3i	48.9	7.9	8.2
	VBox Sport	48.5	8.0	8.1
3	VBox 3i	43.9	8.8	8.7
	VBox Sport	43.9	8.8	8.8
4	VBox 3i	47.7	8.1	8.1
	VBox Sport	47.4	8.1	8.1
5	VBox 3i	47.2	8.2	8.2
	VBox Sport	46.9	8.2	8.2
Mean value	VBox 3i	46.9	8.2	8.3
	VBox Sport	46.8	8.2	8.3
Standard deviation	VBox 3i	1.9	0.3	0.3
	VBox Sport	1.7	0.3	0.3

Table 5
Results of braking deceleration calculations in tests in which speed was recorded with VBox 3i integrated with IMU

No of test	Measuring device	Stopping distance [m]	Mean deceleration [m/s ²]	MFDD [m/s ²]
1	VBox 3i + IMU	47.1	8.2	8.6
	VBox Sport	48.1	8.0	8.4
2	VBox 3i + IMU	44.8	8.6	8.6
	VBox Sport	46.8	8.3	8.6
3	VBox 3i + IMU	48.4	8.0	7.8
	VBox Sport	49.3	7.8	7.7
4	VBox 3i + IMU	46.4	8.3	8.5
	VBox Sport	47.0	8.2	8.3
5	VBox 3i	48.8	7.9	8.1
	VBox Sport	46.9	8.2	8.1
Mean value	VBox 3i	47.1	8.2	8.3
	VBox Sport	47.6	8.1	8.2
Standard deviation	VBox 3i	1.6	0.3	0.4
	VBox Sport	1.1	0.2	0.4

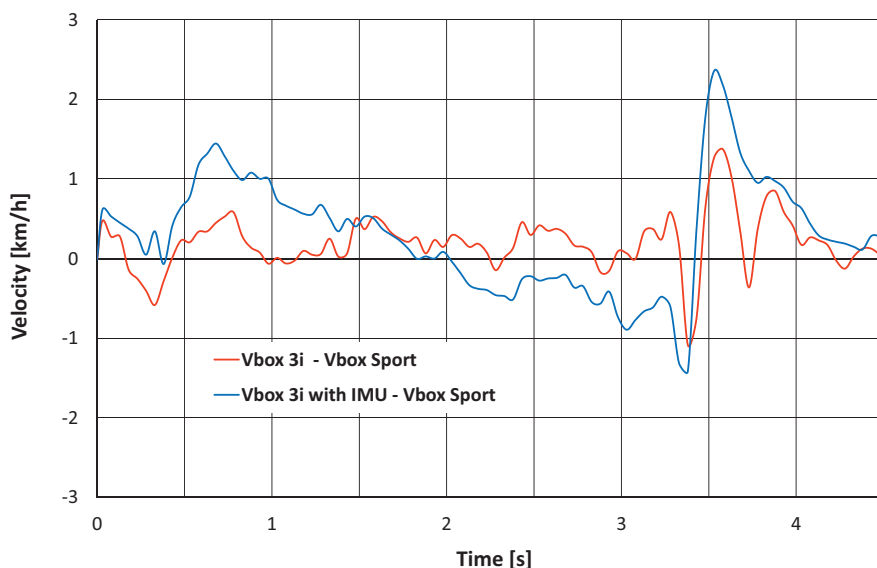


Fig. 7. Differences between the speed values recorded with VBox Sport and VBox 3i integrated with IMU (blue line) and with no IMU (red line).

References

1. Bułka, D., Janczur, R., Wach, K. (2011). Nowoczesna aparatura pomiarowa do badań podłużnej i poprzecznej dynamiki pojazdów. *Paragraf na Drodze 11*, 33–42.
2. Dyukov, A., Choy, S., Silcock, D. (2015). Accuracy of speed measurements using GNSS in challenging environments. *Asian Journal of Applied Sciences*, 3(6), 794–811.
3. Wach, W. (2014). *Wiarygodność strukturalna rekonstrukcji wypadków drogowych*. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.
4. www.racelogic.co.uk (accessed: 14.02.2019.).

Corresponding author

Piotr Cięпка
Institute of Forensic Research
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: pciemka@ies.krakow.pl

WYKORZYSTANIE URZĄDZEŃ VBOX SPORT I VBOX 3i W BADANIACH POJAZDÓW POWYPADKOWYCH

1. Wstęp

W pracy eksperta zajmującego się rekonstrukcją wypadków drogowych niejednokrotnie zachodzi potrzeba wykonania badania pojazdu, który uczestniczył w wypadku lub pojazdu o porównywalnych własnościach dynamicznych, jeśli użycie pojazdu uczestniczącego w wypadku nie jest możliwe na przykład z powodu jego znacznych uszkodzeń. Najczęściej badaniom podlega opóźnienie hamowania, ale niejednokrotnie konieczne jest również dokonanie pomiaru przyspieszenia lub ustalenie przebiegu prędkości w czasie wykonywania określonego manewru.

Badania dynamiki pojazdów były do niedawna zarezerwowane dla producentów samochodów, wyspecjalizowanych instytucji i jednostek naukowo-badawczych. Wraz z rozwojem systemów nawigacji satelitarnej pojawiła się aparatura, którą można wykorzystać nie tylko w celach naukowych, ale także w pracy eksperta zajmującego się rekonstrukcją wypadków drogowych. Przykładem takiej aparatury są urządzenia VBox firmy Racelogic, których niewątpliwymi atutami są: szybkość montażu, niewielkie wymiary i nieskomplikowana obsługa, szczególnie w zakresie akwizycji danych.

W niniejszym artykule przedstawiono porównanie dwóch urządzeń znajdujących się w ofercie firmy Racelogic, tj. urządzenia VBox 3i oraz VBox Sport. Analiza specyfikacji tych urządzeń ujawnia, że występują między nimi znaczne różnice w zakresie możliwości pomiarowych. Urządzenie VBox 3i może pracować w dwóch konfiguracjach – wyłącznie jako odbiornik sygnałów satelitarnych oraz jako odbiornik uzupełniony o blok bezwładnościowy IMU. Ponadto możliwe jest jego wykorzystanie do dekodowania i zapisu sygnałów cyfrowych z magistrali CAN pojazdu. Taka możliwość pozwala na zbudowanie toru pomiarowego z wykorzystaniem czujników stanowiących integralną część samochodu. Sygnałami pomiarowymi, jakie najczęściej pozyskuje się z magistrali CAN w badaniach dynamiki podłużnej i poprzecznej pojazdów, są: położenie pedału przyspieszenia, prędkość obrotowa wału korbowego silnika, prędkości poszczególnych kół jezdnych (obliczane przez system ABS), załączony bieg, kąt obrotu kierownicy (Bułka, Janczur, Wach, 2011). Urządzenie VBox Sport jest natomiast prostym odbiornikiem sygnałów satelitarnych pozbawionym możliwości rejestracji innych parametrów poza prędkością i położeniem.

Porównania urządzeń VBox dokonano na podstawie dynamicznych prób wykonanych samochodem osobowym. Literatura zawiera już doniesienia na temat bardzo

dobrej zgodności jakościowej i ilościowej parametrów mierzonych urządzeniem VBox 3i i aparaturą firm Corrsys-Datron i Crossbow (Bułka, Janczur, Wach, 2011), dlatego podstawowym celem tego porównania była odpowiedź na pytanie, czy urządzenie VBox Sport pozwala na uzyskiwanie wyników wystarczająco dokładnych na potrzeby eksperta zajmującego się rekonstrukcją wypadków drogowych.

2. Obiekty badań

W badaniach użyto urządzeń VBox Sport i VBox 3i, które zostały zamontowane w samochodzie osobowym Volkswagen Passat. Przedstawiono je na rys. 1, natomiast w tabeli 1 zestawiono najistotniejsze ich parametry.

Urządzenie VBox 3i używa odbiorników satelitarnych GPS i GLONASS, natomiast urządzenie VBox Sport wyposażone jest wyłącznie w odbiornik GPS. Z literatury wynika, że dodanie informacji z systemu GLONASS do GPS nie wykazało istotnego wpływu na poprawę w zakresie dokładności obliczeń prędkości (Dyukov, Choy, Silcock, 2015).

W części prób urządzenie VBox 3i zostało doposażone w moduł bezwładnościowy IMU, który mierzył przyspieszenia w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach i prędkości kątowe względem tych kierunków. Wprawdzie wszystkie prezentowane badania zostały wykonane w terenie o dużej dostępności sygnału satelitarnego, ale warto wspomnieć, że zastosowanie tego modułu wraz z zaimplementowanym w oprogramowanie filtrem Kalmana zapewnia poprawę dokładności rejestrowanych prędkości, szczególnie w obszarach mniej dokładnego odbioru satelitarnego, który najczęściej powodowany jest przez drzewa, wysokie budynki i wiadukty. Moduł IMU, przez bezpośredni pomiar przyspieszeń, jest również niezbędnym narzędziem do pomiarów dynamiki poprzecznej.

Oba urządzenia były wyposażone w pojedyncze anteny, które zostały umieszczone na dachu samochodu w niewielkiej od siebie odległości. Urządzenie VBox 3i używane było w konfiguracji bez wspomaganie RTK¹, co – zgodnie z danymi producenta – dawało możliwość osiągnięcia dokładności ustalenia położenia ± 2 m, nato-

¹ RTK (*Real Time Kinematic*) umożliwia uzyskanie bardzo dokładnych pomiarów położenia (rzędu 2 cm) w czasie rzeczywistym przy wykorzystaniu stacji bazowej – odbiornika ustawionego w dokładnie wyznaczonym punkcie, który wyznacza na bieżąco poprawki różnicowe dla poszczególnych satelitów.

miast dokładność ustalenia położenia urządzenia VBox Sport wynosi ± 5 m. Różnica ta nie wpływa jednak na obliczenia prędkości, ponieważ oba urządzenia obliczają prędkość na podstawie efektu Dopplera, tj. przesunięcia w sygnale nośnym GPS, a nie na podstawie położenia.

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. Próby drogowe

Do wykonania prób drogowych wykorzystano samochód osobowy Volkswagen Passat B5 Variant (rok produkcji 2002, przebieg 112 tys. km), w którym zamontowane były opony typu M+S. W czasie badań wykonano próby przyspieszania i intensywnego hamowania. Jazdy testowe zostały przeprowadzone na terenie Krakowa, na suchej asfaltowej nawierzchni.

3.1. Wyniki badań przyspieszania

Wykonano pięć prób intensywnego przyspieszania samochodu do osiągnięcia prędkości ponad 100 km/h. Na rys. 3 i 4 przedstawiono porównanie przykładowych przebiegów prędkości w zależności od czasu. Korzystając z programu VBox Test Suite, obliczono dla każdej próby czas od ruszenia do osiągnięcia prędkości 100 km/h i średnie przyspieszenie w tym przedziale. Wyniki obliczeń przedstawione zostały w tabelach 2 i 3.

Porównanie wyników uzyskanych w próbach, podczas których rejestracja odbywała się za pomocą urządzeń VBox Sport i VBox 3i (bez IMU), nie wykazuje różnic w obliczonych średnich przyspieszeniach w zakresie prędkości od 0 km/h do 100 km/h, natomiast różnice pomiędzy czasami przyspieszania od 0 km/h do 100 km/h nie przekraczały 0,1 s.

Porównanie wyników uzyskanych w próbach, w których urządzenie VBox 3i wyposażone zostało w moduł bezwładnościowy IMU (Tabela 3), daje podstawę do stwierdzenia, że różnice w obliczonych średnich przyspieszeniach w zakresie prędkości od 0 km/h do 100 km/h były pomijalnie małe², natomiast maksymalne różnice czasu przyspieszania od 0 km/h do 100 km/h wynosiły najczęściej ok. 0,1 s (w jednej próbie 0,7 s).

3.2. Wyniki badań intensywnego hamowania

W czasie badań wykonano pięć prób intensywnego hamowania samochodu z prędkości początkowej ok.

² Wykazane w tabeli 3 różnice sięgające $0,1 \text{ m/s}^2$ są wynikiem zaokrąglenia podawanych wartości do jednego miejsca po przecinku. W próbach 3 i 5 różnice wynosiły $0,03 \text{ m/s}^2$.

100 km/h. Na rys. 5 i 6 przedstawiono przykładowe przebiegi prędkości w zależności od czasu.

Urządzenia VBox rejestrują wartości prędkości w odpowiednich chwilach czasu wynikających z częstotliwości rejestracji, co sprawia, iż przebieg prędkości jako funkcja czasu uzyskuje się w sposób bezpośredni. Do obliczenia średniego w pełni rozwiniętego opóźnienia hamowania (MFDD)³ niezbędne jest natomiast ustalenie drogi przejechanej przez pojazd. Obliczeń drogi można jednak dokonać bezpośrednio w programie VBox Test Suite. Na podstawie przebiegów prędkości w zależności od drogi obliczono średnie w pełni rozwinięte opóźnienie hamowania oraz średnie opóźnienie w zakresie prędkości od 100 km/h do zatrzymania. Wyniki obliczeń podane zostały w tabelach 4 i 5.

Analiza wyników obliczonych opóźnień daje podstawę do stwierdzenia, że różnice średnich opóźnień uzyskanych dla prób, w których rejestracja odbywała się za pomocą urządzeń VBox Sport i VBox 3i, nie przekraczały $\pm 0,1 \text{ m/s}^2$, natomiast po doposażeniu urządzenia VBox 3i w moduł bezwładnościowy IMU różnice te wzrastały nawet do $\pm 0,3 \text{ m/s}^2$.

4. 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 podstawę do stwierdzenia, że różnice w obliczonych wartościach nie są istotne z punktu widzenia eksperta zajmującego się rekonstrukcją wypadków drogowych. Doposażenie urządzenia VBox 3i w moduł bezwładnościowy IMU sprawia, że różnice pomiędzy obliczonymi wartościami są nieco większe, szczególnie przy obliczeniach opóźnień. Przyczyn tych różnic należy doszukiwać się w kilku obszarach. Po pierwsze już pobieżna analiza przebiegów prędkości w zależności od czasu (Rys. 5 i 6) ujawnia, że wartości prędkości zarejestrowane w poszczególnych chwilach nie są identyczne. Obliczenia prowadzone są natomiast na podstawie konkretnych wartości prędkości, przy czym w przypadku korzystania z VBox 3i bez IMU są to wartości aproksymowane pomiędzy dwoma kolejnymi punktami, natomiast w przypadku korzystania z VBox 3i z IMU – dodatkowo przefiltrowane filtrem Kalmana. Do obliczenia wartości opóźnień w zależności od drogi niezbędne jest obliczenie drogi przejechanej przez pojazd, a każde obliczenie prowadzone jest z niepewnością (Wach, 2014). Ponadto wykorzystanie bloku bezwładnościowego IMU sprawia,

³ MFDD (*Mean Fully Developed Deceleration*) to opóźnienie obliczane zgodnie z regulaminem nr 13-H Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji samochodów osobowych w zakresie hamowania.

że wartości prędkości zapisywane są z uwzględnieniem korekty wynikającej z chwilowych wartości opóźnień samochodu, co wpływa na zarejestrowane wartości nie tylko w sytuacjach chwilowego braku sygnału GPS, ale także w czasie gwałtownego zatrzymywania pojazdu. Uzasadnione jest więc twierdzenie, że różnice w obliczonych wartościach opóźnień wywodzą się z różnych wartości chwilowych prędkości zarejestrowanych przez oba urządzenia. Na rys. 7 przedstawione zostały różnice pomiędzy prędkościami zarejestrowanymi przez te urządzenia w dwóch próbach pokazanych na rys. 5 i 6. Analiza tych przebiegów pokazuje w sposób obrazowy, że większe różnice występują przy doposażeniu urządzenia VBox 3i w moduł bezwładnościowy IMU. Wydaje się, że przydatne byłoby prowadzenie dalszych badań, by móc dokładniej ustalić przyczyny występowania tych różnic, a w szczególności – aby sprawdzić, czy celowe jest stosowanie bloku bezwładnościowego IMU przy badaniach dynamiki podłużnej samochodu.

Podziękowanie

Autorzy składają podziękowania firmie CYBID sp. z o.o. sp.k. za udostępnienie urządzenia pomiarowego VBox 3i dla potrzeb wykonania badań drogowych.