



# Wykorzystanie parametrów aktywacji systemu SRS-AIRBAG do weryfikacji prędkości zderzenia pojazdu

Iwo Aleksandrowicz

Almot-Expert, Technical Department, J. Kusocińskiego 1, 86-032 Niemcz, Poland;  
e-mail: aleksandrowicz.iwo@gmail.com

**Streszczenie:** Celem badań zaprezentowanych w artykule jest weryfikacja możliwości wykorzystania parametrów aktywacyjnych poduszek gazowych systemu SRS-AIRBAG do ustalenia prędkości zderzenia pojazdu. Artykuł dotyczy analizy seryjnego zderzenia samochodów. W rezultacie wykazano praktyczne zastosowanie proponowanej procedury do weryfikacji prędkości zderzenia samochodów. W badaniach symulacyjnych do obliczeń numerycznych wykorzystano program V-SIM4 stosowany w rekonstrukcji wypadków drogowych. Osiągnięte rezultaty mają wartość praktyczną i poznawczą, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystane przez badaczy zajmujących się zderzeniami pojazdów, ekspertów i studentów zainteresowanych tą problematyką.

**Słowa kluczowe:** zderzenie pojazdu, SRS-AIRBAG, V-SIM

---

## Use of SRS-AIRBAG activation parameters for verification of vehicle collision impact

Iwo Aleksandrowicz

Almot-Expert, Technical Department, J. Kusocińskiego 1, 86-032 Niemcz, Poland;  
e-mail: aleksandrowicz.iwo@gmail.com

**Summary:** The article deals with the problem of verifying the serial collision of vehicles moving in a column. The article explores the possibilities of using the activation parameters of the gas cushions of the SRS-AIRBAG system for collision speed verification. As a result, the practical application of the test procedure to verify the collision speed of cars has been demonstrated. The research used the V-SIM4 program used in the reconstruction of road accidents.

**Key words:** vehicle collision, SRS-AIRBAG, V-SIM

## 1. Wstęp

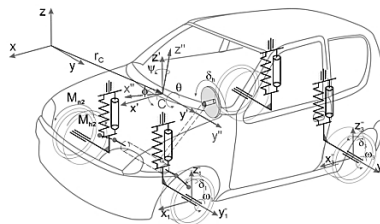
Czasy współczesne charakteryzuje wzrost mobilności ludzi oraz przewozów towarów. Liczba pojazdów zarejestrowanych w Polsce systematycznie rośnie. Powoduje to dynamiczny rozwój motoryzacji. Rozwojowi temu oprócz pozytywnych skutków dla gospodarki kraju towarzyszą też i te negatywne. Tymi negatywnymi skutkami są wypadki i kolizje drogowe, które pociągają za sobą straty materialne i osobowe. W roku 2019 do jednostek policji na terenie Polski zgłoszono 30 288 wypadków drogowych. W zdarzeniach tych zginęło 2 909 osób, a 35 477 zostało rannych (w tym ciężko 10 633 osoby). Natomiast kolizji drogowych w roku 2019 na terenie Polski zaistniało 455 454. Wśród wszystkich rodzajów wypadków drogowych najczęściej było zdarzeń klasyfikowanych jako *zderzenie pojazdów w ruchu*, które stanowiły 54,2% wszystkich wypadków, zginęło w nich 46,5% wszystkich zabitych oraz 59,0% rannych. W Polsce w 2018 r. wskaźnik zabitych na 100 wypadków wynosił 9,0 i był mniejszy tylko od odnotowanego w Bułgarii 9,10 i na Cyprze 9,80. Najlepszą wartość tego współczynnika spośród wszystkich krajów Unii Europejskiej (UE) w 2018 r. osiągnęły Niemcy – 1,10 (<http://statystyka.policja.pl>). W Polsce istnieje więc problem bezpieczeństwa w ruchu drogowym, wymagający intensywnych działań w celu poprawy tej sytuacji. Ze statystyk policyjnych wynika, że głównymi przyczynami wypadków było niedostosowanie prędkości do warunków drogowo-atmosferycznych. Skutki zderzenia związane są z prędkością kolizyjną [7]. Dlatego też w opracowaniach inżynierskich istotne jest ustalenie prędkości zderzenia. Aktualnie do obliczeń w tym zakresie wykorzystuje się programy symulacyjne, które wyparły obliczenia analityczne. Jednak samo użycie tych programów bez weryfikacji danych wejściowych do obliczeń numerycznych nie gwarantuje otrzymania prawidłowego wyniku symulacji. Z kolei błędny wynik symulacji przyjęty, jako prawidłowy powoduje negatywne skutki prawne na przykład w postępowaniach sądowych w sprawach o wypadki drogowe. Niepewność modelowania zderzenia pojazdów oraz ruchu pozderzeniowego, gdy modele tego samego zjawiska fizycznego dają różne wyniki, opisano na przykład w pracach [5, 12, 13].

Największą precyzję obliczeń numerycznych zapewniają programy, które modelują zderzenia za pomocą elementów skończonych (FEM), do których zaliczają się na przykład programy Abaqus, EL-Dyna i in. W pracy [6] wykorzystano program LS-Dyna do badań wpływu elementów usztywniających konstrukcję pojazdu na proces zderzenia przy różnym pokryciu nadwozia pojazdu z przeszkodą. Z kolei w pracy [8] wykorzystano program LS-Dyna do badań parametrów progowych aktywacji sytemu poduszek gazowych podczas zderzenia pojazdów wyposażonych w ochrony rurowe na przedzie pojazdu. Jednak programy modelujące w konwencji FEM stosowane są w instytutach badawczych i nie zostały wykorzystane w rekonstrukcji wypadków drogowych. Wymagają one wprowadzania danych geometrycznych i materiałowych, co zaprezentowano na przykład w pracach [9,10], w których autorzy zajmowali się właściwościami słupa kratownicy, stanowiącego element infrastruktury drogowej, podczas zderzenia.

W praktyce znalazły zastosowanie programy modelujące zderzenia pojazdów w konwencji multi body systems (MBS). Zastosowane modele w tych programach są jednak prostsze w porównaniu z FEM. Do tego rodzaju programów należą na przykład polski V-SIM (<http://www.cyborgidea.com.pl>), austriacki PC-Crash (<http://www.pc-crash.com/>) oraz amerykański VirtualCrash (<https://www.vcrashusa.com/>). W pracach [1, 2] przedstawiono problematykę właściwego doboru modelu zderzenia i detekcji kolizji w tego rodzaju programach symulacyjnych i pokazano różnice w przebiegu symulacji zderzenia i ruchu pojazdu po zderzeniu w zależności od przyjętych parametrów wejściowych do obliczeń numerycznych.

## 2. Model pojazdu w programie symulacyjnym

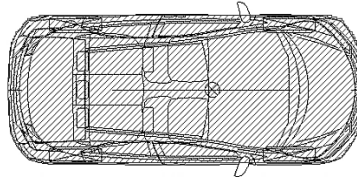
Do obliczeń numerycznych zastosowano program V-SIM4 modelujący zderzenia w konwencji MBS. Modelowanie w tym programie umożliwia symulowanie zderzeń pojazdów z przeszkodami terenowymi oraz zderzeń pomiędzy pojazdami. Model ruchu pojazdu w programie V-SIM4 wykorzystuje dwa układy odniesienia. Pierwszy z nich to globalny układ współrzędnych. Opisane w nim jest chwilowe położenie obiektów symulacji, a także rozmieszczenie zaprojektowanych elementów środowiska i infrastruktury drogowej. W układzie tym osie oznaczone są  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Natomiast układ współrzędnych związany z obiektem symulacji ma osie oznaczone  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ . Z kolei położenie środka masy samochodu wyznaczane jest przez wektor wodzący  $r_c$ . Na rysunku 1 zaprezentowano model pojazdu z układem odniesienia programu V-SIM4 użytego w badaniach symulacyjnych [3].



Rys. 1. Model pojazdu z układem odniesienia [3]

Fig. 1. Model of vehicle with co-ordinate systems [3]

Ruch czterokołowego pojazdu w programie V-SIM4 opisany jest w przestrzeni trójwymiarowej jako ruch bryły o dziesięciu stopniach swobody. Model pojazdu uwzględnia m.in. sztywność zawieszenia, a układ kierowniczy pojazdu zamodelowano zgodnie z regułą Ackermana. Do zderzeń pojazdów w programie V-SIM4 ma zastosowanie siłowy model zderzenia, w którym siły podczas zderzenia rozwijają się w sposób ciągły do czasu ich rozdzielenia. Nadwozie pojazdu w programie V-SIM4 stanowi bryłę o pojedynczej masie i uśrednionej sztywności. Na rysunku 2 pokazano podgląd strefy sztywności nadwozia samochodu Honda Civic.



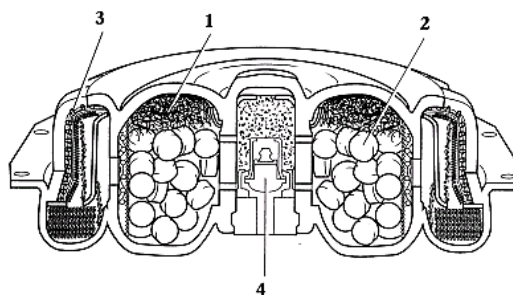
Rys. 2. Podgląd strefy sztywności [3]

Fig. 2. Rigid area preview [3]

### 3. System SRS-AIRBAG w pojazdach

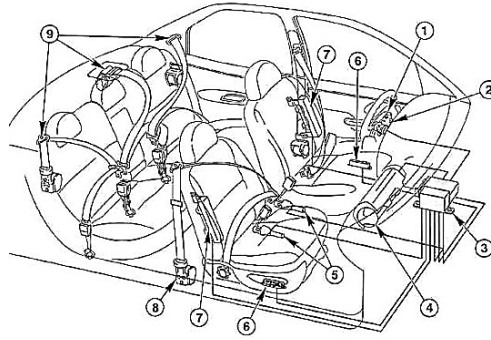
Poduszki gazowe w samochodach zaliczają się do podstawowych elementów bezpieczeństwa biernego, które odpowiadają za bezpośrednią ochronę osób znajdujących się wewnątrz samochodu podczas zderzenia. Aktywacja i napełnienie poduszki gazowej uwzględnia zachowanie organizmu człowieka podczas zderzenia. Uwzględnia więc sytuację, gdy na osoby znajdujące się wewnątrz pojazdu działają gwałtowne przyspieszenia w bardzo krótkim czasie. Poduszki gazowe stosowane we współczesnych samochodach składają się z generatora gazowego, worka poduszki oraz pokrywy. W generatorze gazowym w zapalniku zastosowano paliwo stałe. Paliwo to po zapłonie rozpadając się wydziela gaz o przeważającej zawartości azotu – około 99%. Na rysunku 3 pokazano wewnętrzną budowę ww. generatora gazowego; cyfrą 1 oznaczono komorę sprężania, 2 – paliwo stałe w postaci granulatu, 3 – kanały dolotowe i 4 – zapalnik [12]. Układ aktywujący poduszkę gazową stanowi czujnik przyspieszeń i cyfrowy układ mikroprocesorowy, którego zadaniem jest zainicjowanie aktywacji ładunku w generatorze, gdy zostanie przekroczona wartość progowa opóźnienia podczas zderzenia.

W Europie znalazł zastosowanie system SRS-AIRBAG (*Supplemental Restraint System*). Jest on zaprojektowany w taki sposób, żeby poduszka współpracowała z zapiętym trójpunktowym pasem bezpieczeństwa. Na rysunku 4 przedstawiono typowy zestaw systemu SRS-AIRBAG, zabezpieczający człowieka w pojeździe, jaki stosowany jest we współczesnych samochodach. Na rysunku 4 oznaczono: 1 – poduszka gazowa kierowcy, 2 – dioda kontrolna AIRBAG, 3 – sterownik poduszki gazowej, 4 – poduszka gazowa pasażera, 5 – napinacze pirotechniczne pasów bezpieczeństwa, 6 – czujniki poduszki bocznej, 7 – poduszki gazowe boczne, 8 – zwiacz pasa bezpieczeństwa, 9 – trzypunktowe pasy bezpieczeństwa [4].



Rys. 3. Budowa generatora gazowego poduszki powietrznej: 1 – komora sprężania, 2 – paliwo stałe w postaci granulatu, 3 – kanały dolotowe, 4 – zapalnik [12]

Fig. 3. Construction of an airbag gas generator: 1 – compression chamber, 2 – solid fuel in the form of granules, 3 – inlet channels, 4 – igniter [12]



**Rys. 4.** Schemat systemu SRS-AIRBAG: 1 – poduszka gazowa kierowcy, 2 – dioda kontrolna AIRBAG, 3 – sterownik poduszki gazowej, 4 – poduszka gazowa pasażera, 5 – napinacze pirotechniczne pasów bezpieczeństwa, 6 – czujniki poduszki bocznej, 7 – poduszki gazowe boczne, 8 – zwijacz pasa bezpieczeństwa, 9 – trzypunktowe pasy bezpieczeństwa [4]

**Fig. 4.** Scheme of the SRS-AIRBAG system: 1 – driver’s gas bag, 2 – AIRBAG indicator light, 3 – gas cushion controller, 4 – passenger gas bag, 5 – pyrotechnic seat belt pretensioners, 6 – side airbag sensors, 7 – side gas cushions, 8 – seat belt retractor, 9 – three-point seat belts [4]

Aktywacja układu poduszki gazowej następuje po przekroczeniu parametrów progowych [4, 12]:

- prędkości zderzenia 20–25–30 km/h ze sztywnym blokiem betonowym,
- opóźnieniu mierzonym dla podłogi nadwozia rzędu 8–15 g,
- kącie działania wektora impulsu siły nie większym niż  $\pm 30^\circ$ .

W poniższej tabeli podano przyjęte parametry techniczne pojazdów do analizy numerycznej oraz parametry środowiska ruchu w symulacji.

**Tabela 1.** Przyjęte parametry techniczne pojazdów i środowiska ruchu w symulacjach [3]

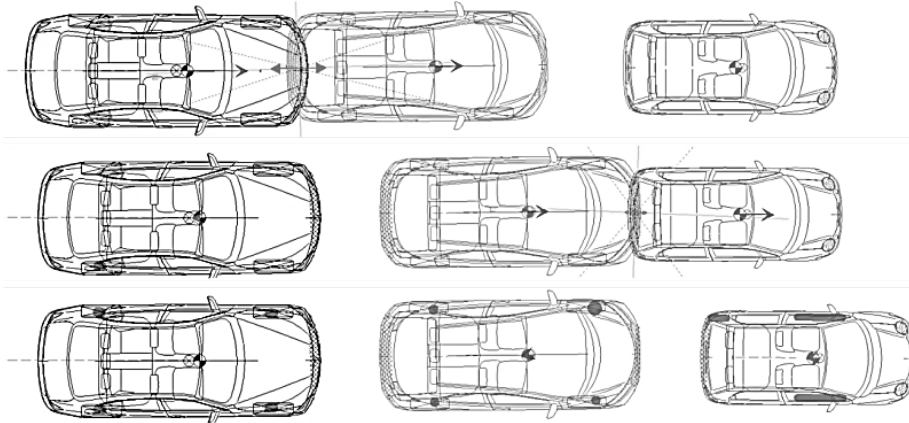
**Table 1.** The adopted technical parameters of vehicles and traffic environment in simulations [3]

Parametr	BMW F30	Honda Civic	Daewoo Matiz
Masa własna	1 505 kg	1 269 kg	1 025 kg
Masa kierującego	75 kg	75 kg	75 kg
Wymiary	4,624 m/1,811 m/1,429 m	4,225 m/1,765 m/1,460 m	3,495 m/1,495 m /1,485 m
Rozmiar opon	205/60 R16	205/55 R16	155/65 R13
współczynniki przyczepności	przylgowej $\mu_1 = 0,8$ ślizgowej $\mu_2 = 0,75$	przylgowej $\mu_1 = 0,8$ ślizgowej $\mu_2 = 0,75$	przylgowej $\mu_1 = 0,8$ ślizgowej $\mu_2 = 0,75$

#### 4. Badania własne

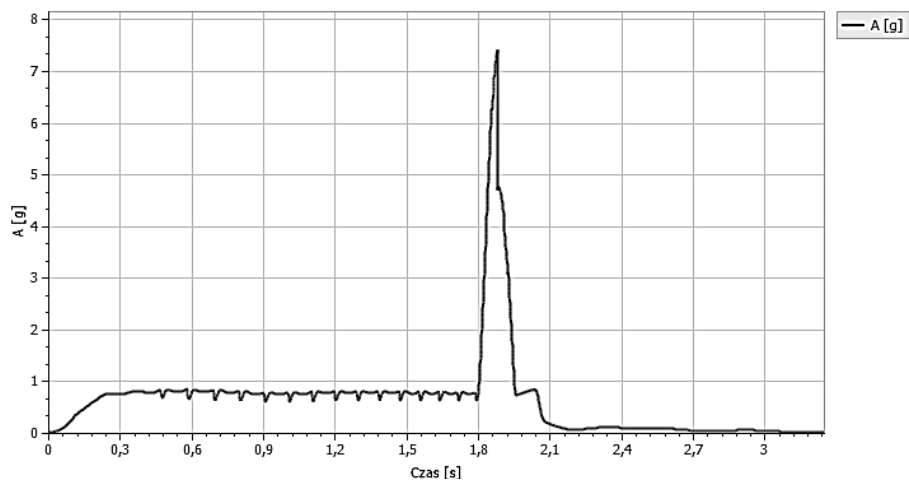
W analizie zderzenia przyjęto aktywację poduszki gazowej kierowcy samochodu BMW przy najechaniu na tył Hondy oraz brak aktywacji poduszki gazowej kierowcy w samochodzie Honda po zepchnięciu go na tył poprzedzającego go samochodu Daewoo. Prędkość początkowa samochodu BMW została przyjęta na 70 km/h. Przód tego pojazdu w pozycji wyjściowej znajdował się w odległości 24,24 m od tyłu samochodu Honda. Odległość między stojącymi samochodami Honda i Daewoo Matiz wynosiła 1,27 m. W symulacji przyjęto też intensywne hamowanie samochodu BMW przy wciśnięciu pedału hamulca zasadniczego 100%, a stojących samochodów Honda i Daewoo odpowiednio 50% i 60%.

Przebieg symulacji zderzenia przedstawiono na rysunku 5. Dla uzyskanych danych opracowano też przebiegi czasowe zmiany przyspieszenia oraz prędkości samochodów (rys. 6–11).



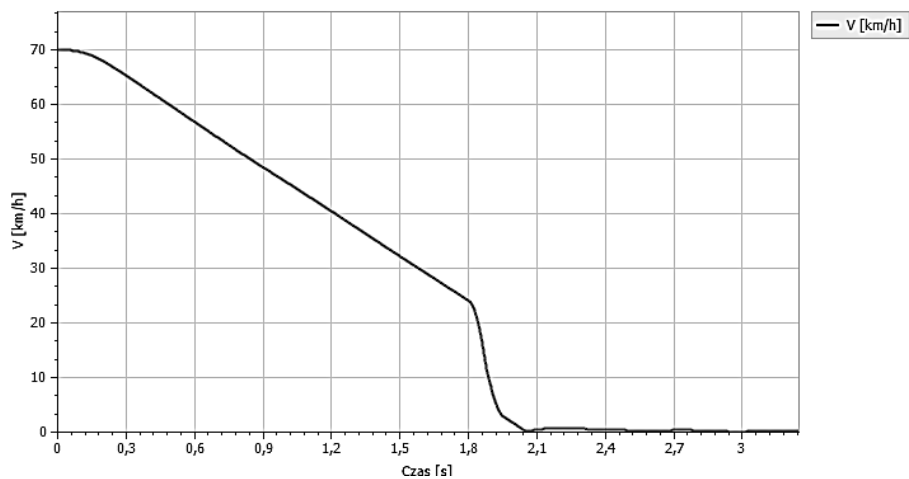
Rys. 5. Symulacja zderzenia pojazdów [opracowanie własne]

Fig. 5. Vehicle collision simulation [own study]



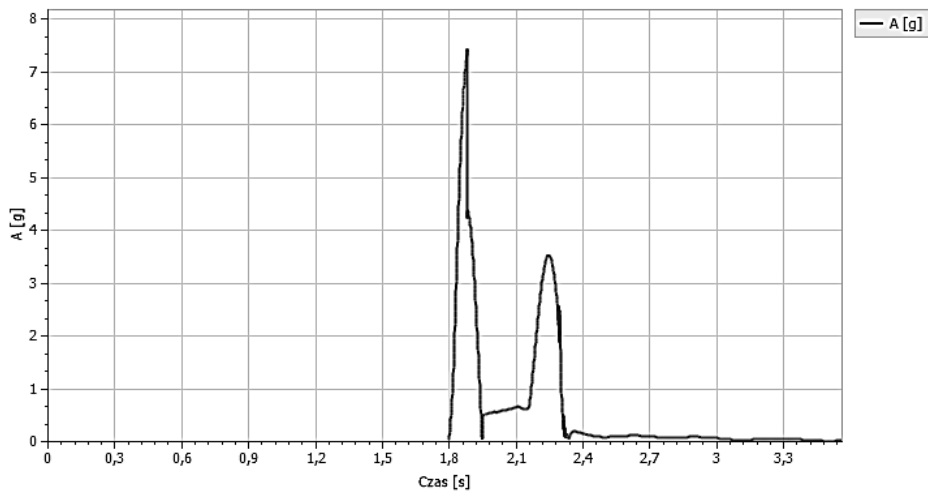
Rys. 6. Zmiany opóźnienia pojazdu BMW podczas zderzenia [opracowanie własne]

Fig. 6. BMW vehicle deceleration changes during a collision [own study]

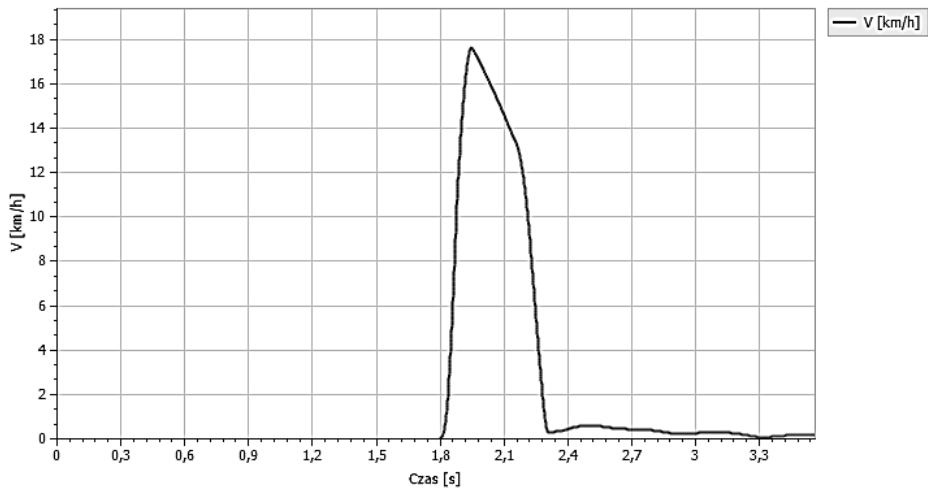


Rys. 7. Zmiany prędkości pojazdu BMW podczas zderzenia [opracowanie własne]

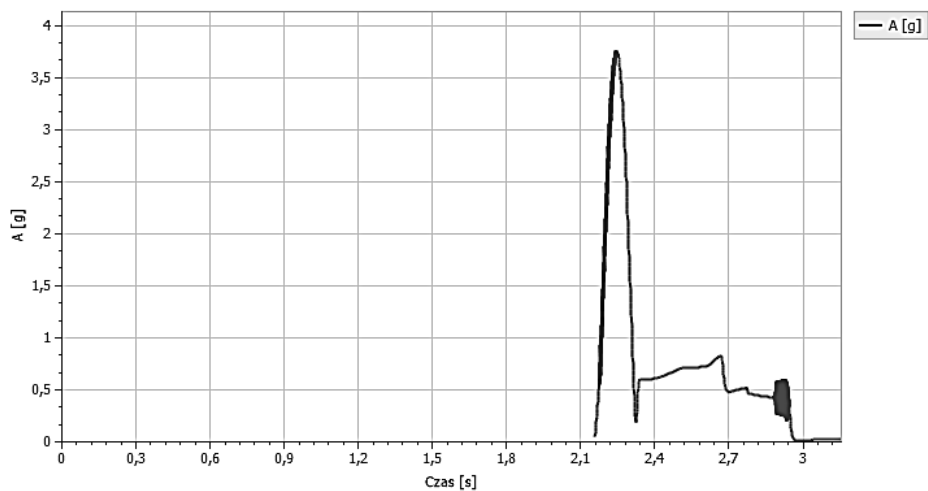
Fig. 7. BMW vehicle speed changes during a collision [own study]



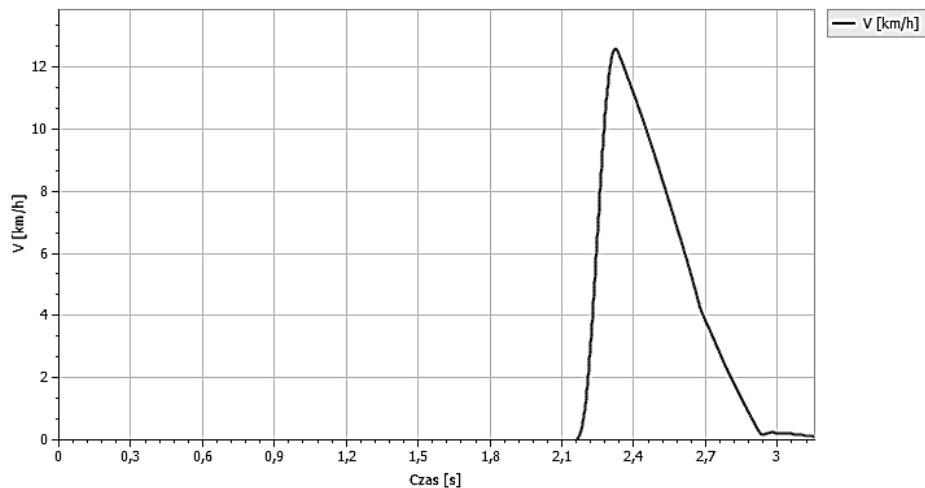
Rys. 8. Zmiany opóźnienia pojazdu Honda podczas zderzenia [opracowanie własne]  
Fig. 8. Honda vehicle deceleration changes during a collision [own study]



Rys. 9. Zmiany prędkości pojazdu Honda podczas zderzenia [opracowanie własne]  
Fig. 9. Honda vehicle speed changes during a collision [own study]



Rys. 10. Zmiany opóźnienia pojazdu Daewoo podczas zderzenia [opracowanie własne]  
Fig. 10. Daewoo vehicle deceleration changes during a collision [own study]



Rys. 11. Zmiany prędkości pojazdu Daewoo podczas zderzenia [opracowanie własne]

Fig. 11. Daewoo vehicle speed changes during a collision [own study]

W symulowanym zderzeniu kolizja hamującego samochodu BMW jadącego z weryfikowaną prędkością  $v = 24,1$  km/h z chwilowym opóźnieniem  $a = 8,1$  m/s<sup>2</sup> w tył stojącego samochodu Honda następuje w czasie  $t = 1,8$  s. Uderzenie powoduje przekroczenie kryteriów progowych zadziałania systemu SRS-AIRBAG w BMW, którego opóźnienie osiąga  $a = 63,4$  m/s<sup>2</sup> w czasie  $t = 1,86$  s. Po odbiciu samochodu Honda do przodu uzyskuje on maksymalne przyspieszenie  $a = 62,2$  m/s<sup>2</sup> w czasie  $t = 1,86$  s i maksymalną prędkość  $v = 16,3$  km/h w czasie  $t = 1,92$  s. Następnie prędkość Hondy zmniejsza się i uderzenie Hondy jadącej z weryfikowaną prędkością  $v = 12,2$  km/h z chwilowym opóźnieniem  $a = 0,67$  m/s<sup>2</sup> w tył stojącego samochodu Daewoo następuje w czasie  $t = 2,2$  s. Wartości progowe do aktywacji systemu SRS-AIRBAG w tym pojeździe nie zostały przekroczone. Zderzenie powoduje, że Daewoo uzyskuje maksymalną prędkość  $v = 12,6$  km/h w czasie  $t = 2,32$  s, a maksymalne przyspieszenie tego pojazdu wyniosło  $a = 35,7$  m/s<sup>2</sup> w czasie  $t = 2,24$  s symulacji.

## 5. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że wykorzystanie parametrów aktywowania systemu poduszek gazowych SRS-AIRBAG pozwala na oszacowanie minimalnej prędkości kolizyjnej samochodów biorących udział w kolizji. Zaprezentowana metoda badawcza polegająca na obliczeniu przyspieszenia oraz prędkości samochodów podczas zderzenia i porównaniu z wartościami progowymi aktywacji komponentów systemu SRS-AIRBAG (poduszki gazowe i pirotechniczne napiacze pasów bezpieczeństwa) może być wykorzystana przez badaczy zajmujących się zderzeniami pojazdów, ekspertów – przy odtwarzaniu zdarzeń drogowych, a także studentów zainteresowanych problematyką dynamiki pojazdów.

Przy porównaniu z wartościami progowymi zadziałania poduszek gazowych nie należy pomijać stanu systemu SRS-AIRBAG. W szczególności dotyczy to pojazdów po naprawach powypadkowych, gdyż aktywacja poduszek gazowych w takich pojazdach może nie następować w przewidywanych przez producenta pojazdu wartościach progowych ze względu na dokonywane manipulacje w systemie aktywacji SRS-AIRBAG.



## Literatura

- [1] Aleksandrowicz, P. "Selection of collision detection model on the basis of a collision of incompatible vehicles", in 24<sup>th</sup> International Conference Engineering Mechanics, 14-17.05.2018, Svratka 2018, Czech Republic: 21–24.
- [2] Aleksandrowicz, P. "Verifying the application of the models of crash and collision detection of incompatible vehicles", 23<sup>rd</sup> International Conference Engineering Mechanics, 15-18.05.2017, Svratka 2017, Czech Republic: 82–85.
- [3] Bułka, D. V-SIM4 – Instrukcja obsługi. CIBID, Kraków 2016.
- [4] Diupero, T., Wolski, E. „Poduszki powietrzne, kryteria zadziałania i praktyczna ocena właściwości ochronnych”, Stowarzyszenie Rzecznawców Techniki Samochodowej i Ruchu Drogowego, Warszawa 2006.
- [5] Krzemień, P., Gajek, A. „Wpływ postaci funkcji jakości oraz wag kryteriów cząstkowych na wyniki optymalizacji zderzenia metodą genetyczną”, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 5(10), (2012): 173–183.
- [6] Li, G., Yang, J. "Influence of Vehicle Front Structure on Compatibility of Passenger Car-to-SUV Frontal Crash", 3<sup>rd</sup> International Conference on Digital Manufacturing & Automation, 31 July – 2 Aug. 2012, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 2012, GuiLin, China: 492–495.
- [7] Prochowski, J., Unarski, J., Wach, E.: „Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2015.
- [8] Thota, N., Lau, K. „CAE simulation based methodology for Airbag compliant vehicle front protection system development”, International Journal of Vehicle Structures & Systems 5(3–4), (2013): 95–104.
- [9] Stopel, M., Skibicki, D., Cichański, A. "Determination of the Johnson-Cook damage parameter D4 by Charpy impact testing", Materials Testing 60(10), (2018): 974–978.
- [10] Stopel, M., Skibicki, D., Moćko, W. "Method for determining the strain rate sensitivity factor for the Johnson-Cook model in Charpy tests", Materials Testing 59(11–12), (2017): 965–973.
- [11] Wach, W. „Wiarygodność strukturalna rekonstrukcji wypadków drogowych”, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 2014.
- [12] Wach, W. et. all. „Problematyka prawna i techniczna wypadków drogowych”, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 1998.
- [13] Wach, W., Unarski, J. "Uncertainty of calculation results in vehicle collision analysis", Forensic Science International, Helsinki, 167(2006): 181–188, DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.06.061.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).