

Robert Janczur

PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ DROGOWYCH Z ICH SYMULACJĄ PROGRAMEM V-SIM NA PRZYKŁADZIE EKSTREMALNEGO HAMOWANIA SAMOCHODU WYPOSAŻONEGO W UKŁAD ABS

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań drogowych samochodu FIAT Seicento wyposażonego w układ ABS hamowanego na różnych nawierzchniach oraz porównano je z wynikami symulacji komputerowej, wykonanych w przy użyciu programu Cyborg Idea V-SIM.

Słowa kluczowe: V-SIM, hamowanie, symulacja.

* * *

1. Wstęp

W ubiegłym roku na Politechnice Krakowskiej wykonano drogowe badania ekstremalnego hamowania samochodu FIAT Seicento, wyposażonego w układ ABS. Próby hamowania prowadzone były na nawierzchniach jednorodnych (suchy asfalt, suchy beton, linoleum¹ oraz niejednorodnych, o różnych współczynnikach przyczepności. W ramach hamowania na nawierzchniach o różnych współczynnikach przyczepności, przeprowadzono następujące próby:

- hamowanie lewymi kołami na suchym betonie, a prawymi na suchej, skoszonej trawie (*μ-split*),
- hamowanie podczas najazdu z suchego asfaltu na linoleum,
- hamowanie podczas zjazdu z linoleum na suchy asfalt.

Na wstępie, przy użyciu przedmiotowego samochodu, przeprowadzono badania ukierunkowane na wyznaczenie współczynnika przyczepności opon do wspomnianego linoleum, stosując hamowanie samochodem z odłączonymi hamulcami kół tylnych i z usztywnionymi zawieszzeniami kół.

Dr inż. Robert Janczur, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Krakowskiej.

¹ Wybór linoleum stosowanego jako wykładzina podłogowa był podyktowany potrzebą osiągnięcia stosunkowo małego współczynnika przyczepności w warunkach letnich. Dla zwiększenia śliskości tego podłoża, przed próbami zwilżono jego powierzchnię wodą zmieszaną z mydłem w płynie.

Ustalono, że współczynnik ten wynosił:

- dla poślizgów w zakresie ok. 10–30% – od ok. 0,23 do ok. 0,28,
- dla poślizgu 100%, współczynnik przyczepności ślizgowej – od ok. 0,22 do ok. 0,27.

Różnice w wynikach uzyskiwanych w poszczególnych próbach spowodowane były zapewne wysychaniem linoleum w trakcie badań i ponownym jego zwilżaniem.

W przypadku nawierzchni asfaltowej, betonowej i trawiastej, poziom wartości współczynnika przyczepności oceniono na podstawie wielokrotnych prób ekstremalnego hamowania (wykonywanych także wcześniej, między innymi w ramach badań innych pojazdów). Stwierdzono, że wyniki te odpowiadają typowym wartościom współczynników przyczepności przyłgowej i ślizgowej dla poszczególnych nawierzchni, podawanym w literaturze. Takie też wartości przyjęto jako miarodajne w niniejszym opracowaniu.

2. Badania drogowe

Do badań wykorzystano samochód FIAT Seicento wyposażony w układ ABS i opony Dębica Vivo 145/70 R13 D-164. Aparaturę badawczą stanowiły następujące urządzenia:

- głowica Correvit do bezstykowego pomiaru prędkości i przebytej drogi;
- żyroskop mierzący prędkość kątową odchylenia;
- kierownica dynamometryczna, służąca do pomiaru kąta obrotu koła kierownicy i momentu na kierownicy;
- czujniki prędkości obrotowej kół.

Wielkości mierzone rejestrowano torem pomiarowym z przetwornikiem analogowo-cyfrowym i komputerem przenośnym.

Ogólny wygląd samochodu przygotowanego do badań i aparatura pomiarowa jest pokazana na ryc. 1 i 2.



Ryc. 1. Samochód FIAT Seicento przygotowany do badań.



Ryc. 2. Aparatura rejestrująca zamontowana w samochodzie.

Dla potrzeb niniejszego opracowania wykorzystano czasowe przebiegi prędkości, drogi i opóźnienia². Wyniki badań w postaci wykresów są zamieszczone w dalszej części artykułu jako tło odniesienia dla efektów symulacji komputerowej.

3. Komputerowa symulacja ruchu hamowanego samochodu programem V-SIM

Do programu V-SIM wprowadzono dane samochodu FIAT Seicento zaczerpnięte z katalogu pojazdów i obciążono go dwiema osobami: kierowcą i osobą prowadzącą pomiary (siedzącą z tyłu po prawej stronie) oraz aparaturą pomiarową w taki sposób, aby statyczne reakcje normalne na kołach odpowiadały wartościom rzeczywistym, wynikającym z mas przypadających na te koła. We właściwościach pojazdu, w oknie dotyczącym układu hamulcowego, włączono opcję „Układ ABS”.

Parametrem początkowym w symulacji ruchu samochodu była jego prędkość w chwili naciśnięcia na pedał hamulca, zarejestrowana w poszczególnych próbach drogowych. W symulacji przyjęto hamowanie ekstremalne, z „naciskiem na hamulec 100%”. Przy hamowaniach na dwóch różnych nawierzchniach (wjazd z asfaltu na linoleum i przeciwnie, wjazd z betonu na trawę), czas narastania opóźnienia i czas hamowania na pierwszej z dwóch nawierzchni przyjęto za wynikami badań drogowych, odczytując wartości z poszczególnych wykresów.

Wartości współczynników przyczepności przyjęte w symulacjach są zestawione w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie współczynników przyczepności przyjętych w symulacji

	współczynnik przyczepności			
	asfalt		linoleum	
rodzaj próby ↓	przyłgowy	ślizgowy	przyłgowy	ślizgowy
hamowanie na asfalcie	0,80	0,70	–	–
wjazd z asfaltu na linoleum	0,80	0,70	0,28	0,27
wjazd z linoleum na asfalt	0,75 ³	0,70	0,28	0,27
	beton		trawa	
hamowanie na betonie	0,90	0,80	–	–
wjazd z betonu na trawę	0,80 ⁴	0,70 ⁴	0,40	0,40
beton/trawa – μ split	0,90	0,80	0,40	0,40

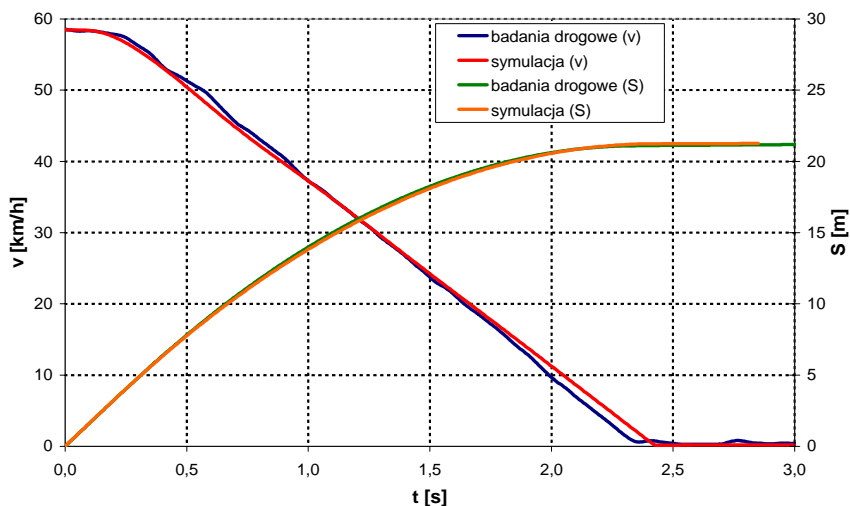
² Przebiegi opóźnienia uzyskiwano poprzez różniczkowanie przebiegów prędkości.

³ Wartość obniżona w stosunku do wartości standardowej o 0,05, z uwagi na nieuniknione przeniesienie przez koła wilgoci z linoleum na asfalt.

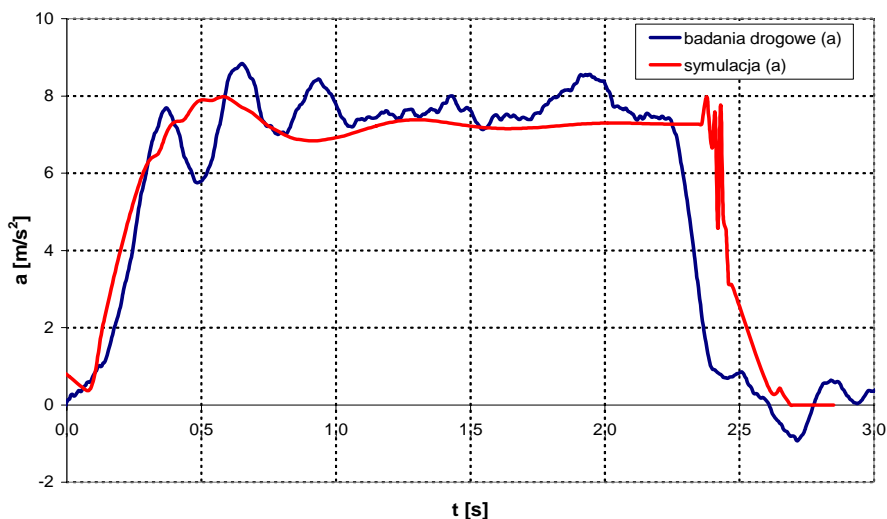
⁴ Wartości obniżone w stosunku do standardowych o 0,10, z uwagi na nienajlepszą jakość betonowej nawierzchni odcinka wykorzystywanego w badaniach.

4. Porównanie wyników badań drogowych i symulacji programem V-SIM

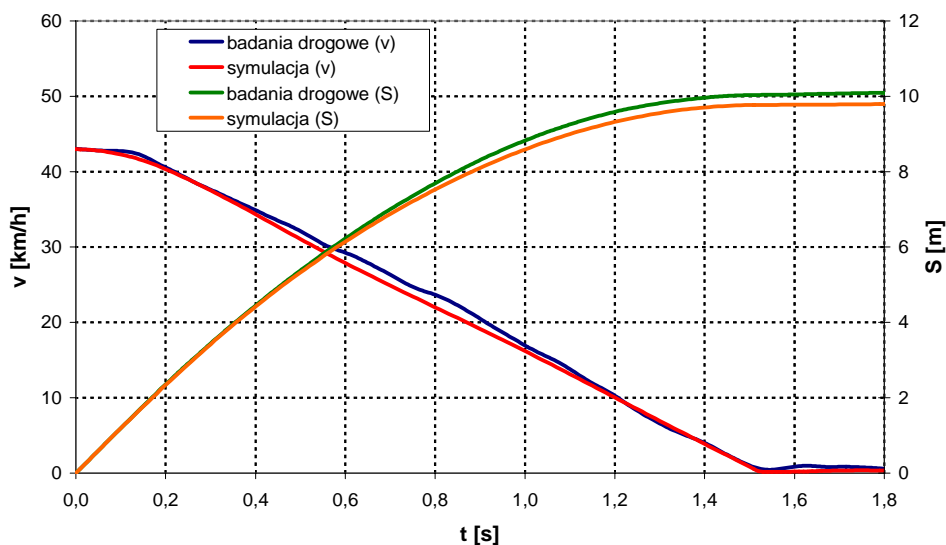
Na kolejnych rycinach przedstawione są wykresy czasowych przebiegów prędkości, drogi i opóźnienia dla hamowania na różnych nawierzchniach. Na wykresy te zostały nałożone analogiczne krzywe uzyskane drogą symulacji programem V-SIM. Zbiorcze zestawienie różnic dróg hamowania zawiera tabela 2.



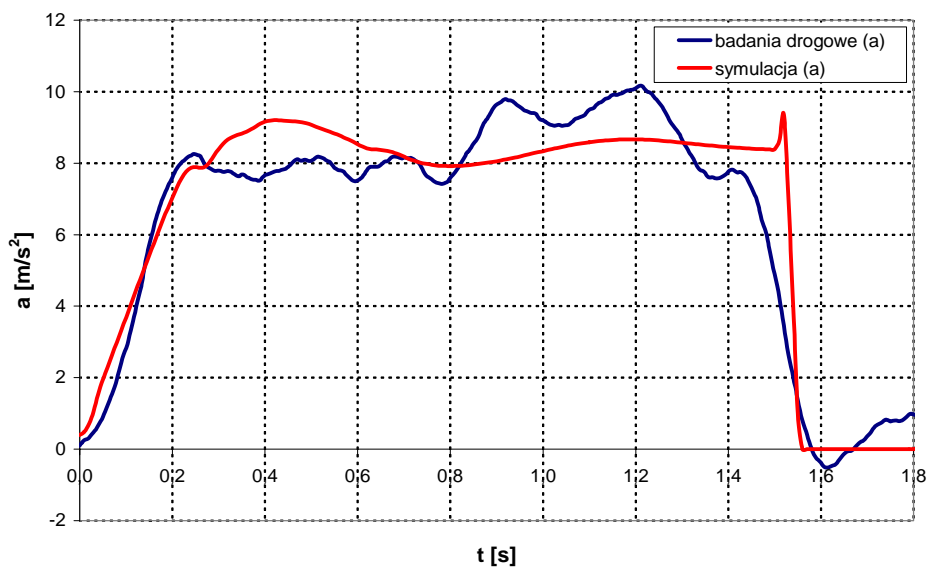
Ryc. 3. Porównanie przebiegów prędkości i drogi hamowania samochodu w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Suchy asfalt.



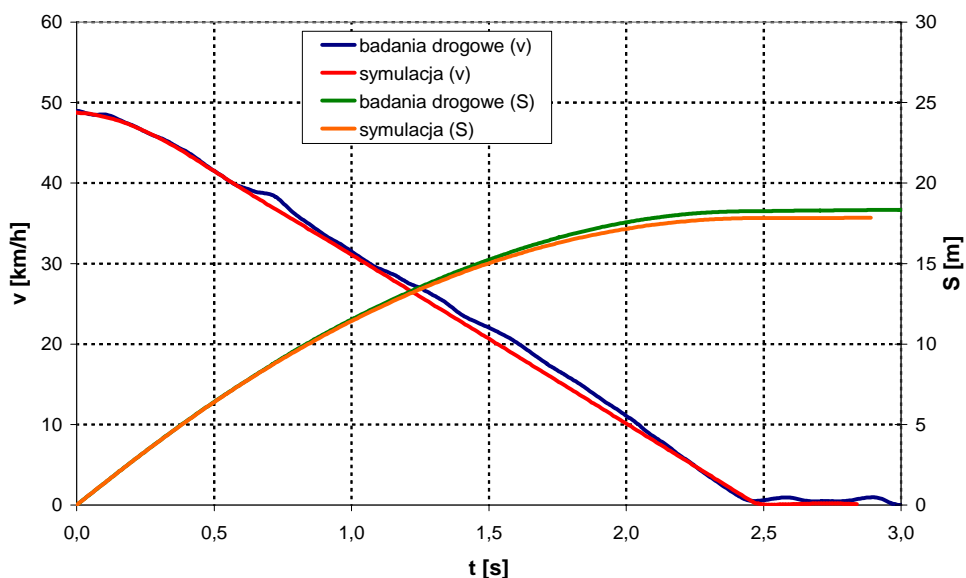
Ryc. 4. Porównanie przebiegów opóźnienia podczas hamowania w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Suchy asfalt.



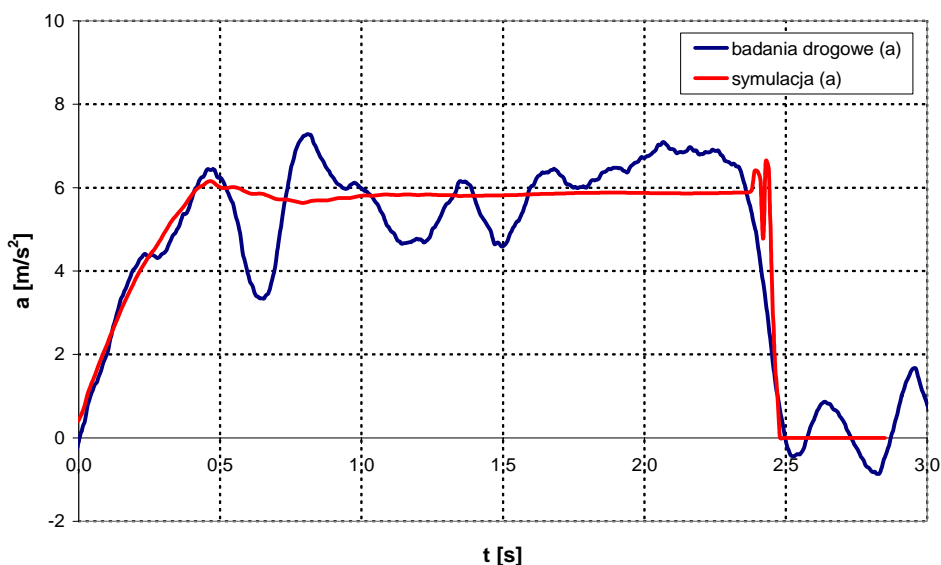
Ryc. 5. Porównanie prędkości i drogi hamowania samochodu warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Suchy beton.



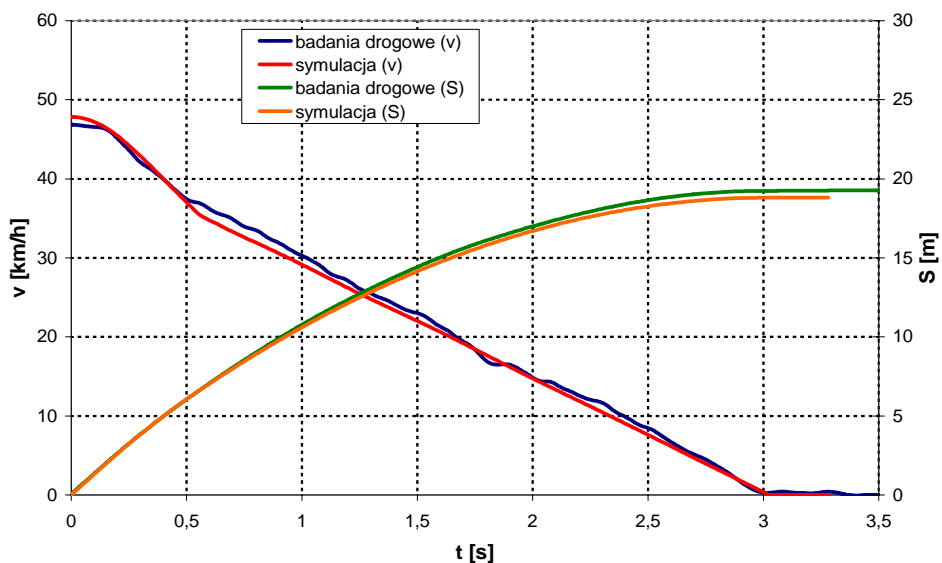
Ryc. 6. Porównanie przebiegów opóźnienia podczas hamowania w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Suchy beton.



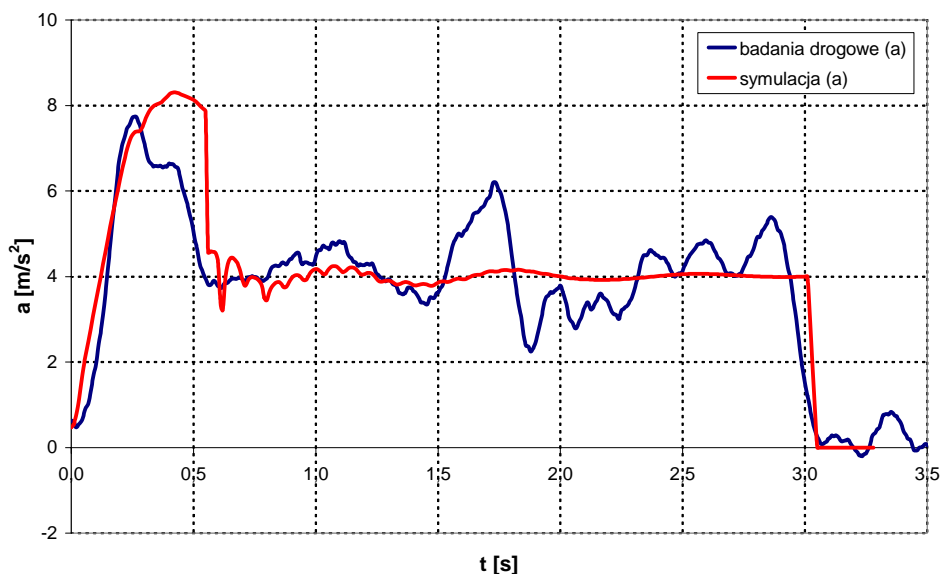
Ryc. 7. Porównanie przebiegów prędkości i drogi hamowania samochodu w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Hamowanie prawymi kołami na trawie a lewymi na suchym betonie.



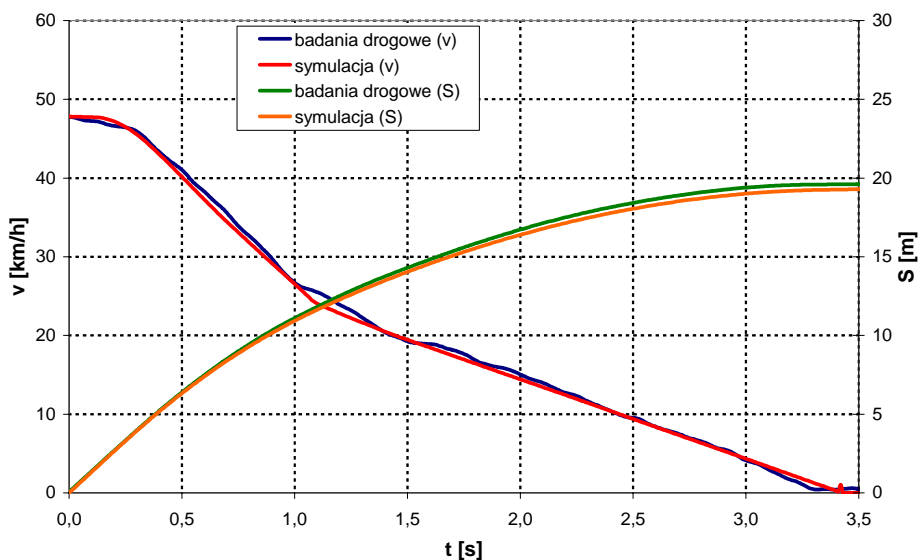
Ryc. 8. Porównanie przebiegów opóźnienia podczas hamowania w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Hamowanie prawymi kołami na trawie a lewymi na suchym betonie.



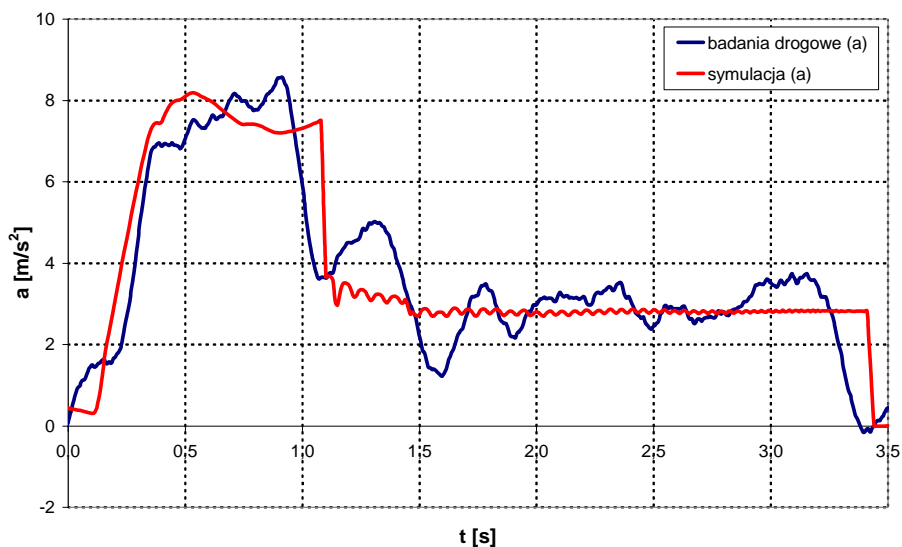
Ryc. 9. Porównanie przebiegów prędkości i drogi hamowania samochodu w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Wjazd z suchego betonu na trawę.



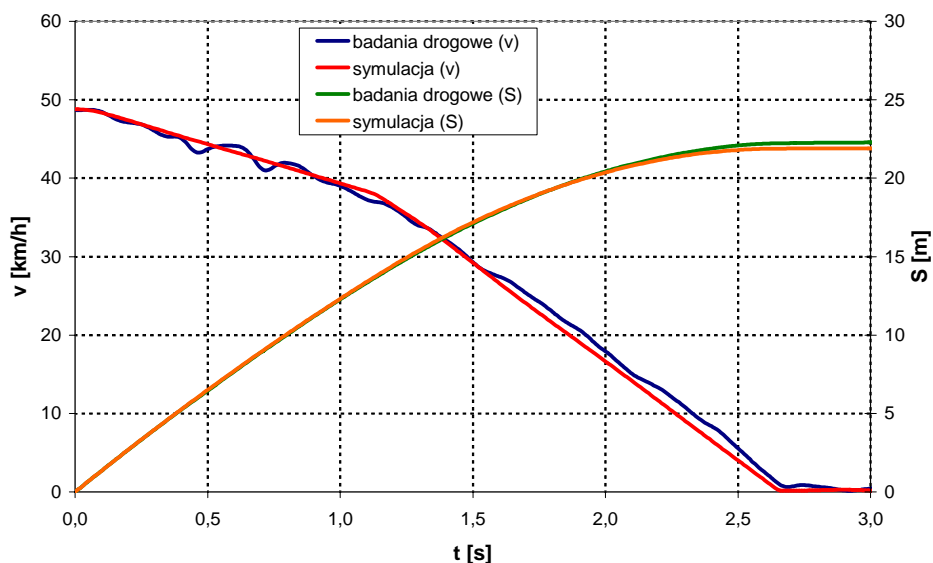
Ryc. 10. Porównanie przebiegów opóźnienia podczas hamowania w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Wjazd z suchego betonu na trawę.



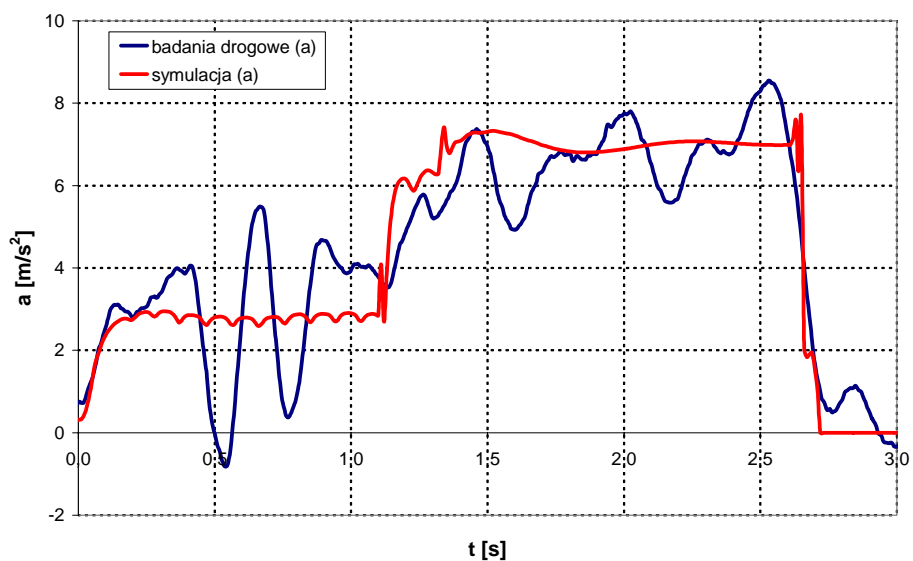
Ryc. 11. Porównanie przebiegów prędkości i drogi hamowania samochodu w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Wjazd z suchego asfaltu na śliskie linoleum.



Ryc. 12. Porównanie przebiegów opóźnienia podczas hamowania w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Wjazd z suchego asfaltu na śliskie linoleum.



Ryc. 13. Porównanie przebiegów prędkości i drogi hamowania samochodu w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Wjazd ze śliskiego linoleum na suchy asfalt.



Ryc. 14. Porównanie przebiegów opóźnienia podczas hamowania w warunkach rzeczywistych i w symulacji programem V-SIM. Wjazd ze śliskiego linoleum na suchy asfalt.

Tabela 2. Zestawienie różnic dróg hamowania uzyskanych w badaniach drogowych i w symulacji programem V-SIM

Rodzaj próby hamowania	Drogi hamowania [m]		Różnica ^{*)} dróg hamowania [m]
	Badania	Symulacja	
Hamowanie na suchym asfalcie	21,20	21,26	+0,06
Hamowanie na suchym betonie	10,11	9,80	-0,31
Beton – trawa – μ split	18,37	17,84	-0,53
Zjazd z betonu na trawę	19,26	18,81	-0,45
Zjazd z asfaltu na linoleum	19,61	19,29	-0,32
Zjazd z linoleum na asfalt	22,27	21,90	-0,37

^{*)} w odniesieniu do badań drogowych

5. Dyskusja wyników

Porównanie wyników drogowych badań ekstremalnego hamowania samochodu FIAT Seicento wyposażonego w układ ABS z wynikami symulacji komputerowej wykonanych w programie V-SIM wskazuje na zadawalającą ich zbieżność. Symulacje programem V-SIM, przy zadanych standardowych współczynnikach przyczepności nawierzchni odcinka badawczego (poza dwoma przypadkami), dały wyniki wysoce zbieżne z wynikami badań drogowych.

W symulacjach uzyskano drogi hamowania nieznacznie krótsze niż w rzeczywistości. Największe różnice wystąpiły dla przypadków hamowania prawymi kołami na trawie, a lewymi na betonie (μ -split) oraz hamowania przy zjeździe z nawierzchni betonowej na trawę; różnice te jednak nie przekroczyły 0,53 m.

Nie zawsze jednak można spodziewać się tak dobrej zbieżności wyników symulacji z warunkami rzeczywistymi – przy wykorzystaniu standardowych parametrów nawierzchni zawartych w bazie danych programu V-SIM. Ewentualne różnice mogą wynikać przede wszystkim z nieznanymi faktycznymi wartościami współczynników przylgowej i ślizgowej przyczepności ogumionych kół do jezdni. Właściwy dla konkretnej sytuacji dobór parametrów symulacji ruchu pojazdu jest jednym z trudniejszych problemów opinii rekonstrukcyjnej.

Trzeba wyraźnie podkreślić, że wykorzystanie programu V-SIM dla potrzeb ustalenia np. prędkości początkowej pojazdu na podstawie śladów hamowania o znanej długości (w tym także śladów hamowania z wykorzystaniem układu ABS – o ile powstały na jezdni i zostały ujawnione na miejscu zdarzenia) musi być poprzedzone wnikliwą analizą stanu nawierzchni jezdni, na jakiej w rzeczywistości pojazd hamował. Przyjęcie w symulacji zbyt dużego współczynnika

z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

przyczepności niewątpliwie doprowadzi do ustalenia zbyt dużej prędkości początkowej pojazdu, niezgodnej z faktyczną.

Program V-SIM jest dobrym narzędziem i niejednokrotnie może pozwolić na zrekonstruowanie trudnych przypadków kolizji. Jednakże program ten (podobnie jak i wszystkie inne programy symulacyjne) nie zastąpi wiedzy i doświadczenia biegłego. Za dane wprowadzone do programu i końcowy efekt wykonanej na ich podstawie symulacji odpowiada użytkownik programu. Wysoce wskazane jest więc każdorazowe badanie wpływu zmian parametrów zadawanych w programie (np. drogi, obciążenia pojazdu itp.) na końcowy efekt symulacji.