

# Badanie zależności pomiędzy deformacją powypadkową a prędkością kolizyjną samochodów osobowych w chwili początkowej zderzenia

Mirosław Owczarz, Marcin Witkiewicz, Stanisław Taryma, Łukasz Jerszow

## Streszczenie

W artykule przedstawiono omówienie możliwości wykorzystania zmierzonego profilu odkształcenia samochodu powypadkowego przy użyciu specjalnie do tego celu zaprojektowanego i wykonanego przyrządu pomiarowego. Przyrząd ten zastosowany w metodzie graficznej wyznaczania wartości pracy deformacji, powoduje zwiększenie wykorzystania metod energetycznych jako niezwykle istotnych w praktyce opiniowania szczególnie trudnych i złożonych zdarzeń drogowych. Badanie przeprowadzono na uszkodzonym w wyniku zdarzenia drogowego samochodzie osobowym Mercedes – Benz klasa C W202.

**Słowa kluczowe:** rekonstrukcja wypadków drogowych, hamowanie, EES.

## Wstęp

W dzisiejszych czasach po drogach jeździ zdecydowanie więcej pojazdów, niż kiedykolwiek wcześniej. Duże zagęszczenie ruchu powoduje nieuchronny wzrost liczby wypadków drogowych. W powszechnej świadomości nie są one już czymś nadzwyczajnym, ani nie budzą większych emocji.

Niniejsza praca poświęcona jest badaniu prędkości początkowej kolizji na podstawie stopnia deformacji nadwozia pojazdu. Możliwość oszacowania prędkości, z jaką poruszał się pojazd przed zderzeniem jest często kluczowa dla poprawnej analizy powypadkowej wykonywanej przez biegłych sądowych. Analiza ta pozwala z dużą dozą prawdopodobieństwa potwierdzić, lub wykluczyć wersję zdarzeń przedstawianą przez uczestników zdarzenia drogowego. Prowadzi to do ustalenia faktycznej winy, a co ważniejsze odpowiedzialności za całe zdarzenie.

Współcześnie w opisie i analizie wypadków drogowych często stosuje się techniki obliczeniowe zwane metodami energetycznymi. Wykorzystują one zasady zachowania pędu, momentu pędu, oraz energii. Powszechnie znany sposób obliczania energii deformacji pojazdu uczestniczącego w kolizji opiera się na wyznaczeniu parametru EES (Energy Equivalent Speed), który jest tożsamy z parametrem EBS (Equivalent Barrier Speed) opartego na danych empirycznych zebranych w porównawczych testach zderzeniowych. Parametr ten przekłada się wprost na poszukiwaną energię.

Początków metod energetycznych należy szukać w historycznych pracach Campbella. Zajmował się on badaniem wyników prób zderzeniowych dużych (określanych przez Amerykanów, jako pełnowymiarowe) samochodów osobowych marki GMC, oraz samochody Chevrolet Vegas. Próby te były przeprowadzane w pierwszej połowie lat 70-tych XX wieku.

Oszacowanie wartości parametru EES należy do najtrudniejszych problemów rachunkowej analizy mechaniki zderzenia. EES, zależnie od zastosowanej metody obliczeń, raz pomaga wyznaczyć prędkość kolizyjną pojazdu, innym razem stanowi cenny parametr kontrolny.

Niniejsza praca stanowi omówienie możliwości wykorzystania zmierzonego profilu odkształcenia samochodu powypadkowego przy użyciu specjalnie do tego celu zaprojektowanego i wykonanego przyrządu pomiarowego.

Badanie przeprowadzono na uszkodzonym w wyniku zdarzenia drogowego samochodzie osobowym Mercedes – Benz klasy C W202.

## 1. Metodyka badań

Pomiar odkształcenia odbywał się w dwóch etapach:

- pomiar kontrolny pojazdu nieuszkodzonego,
- pomiar porównawczy pojazdu uszkodzonego.

W pierwszym etapie odtwarzany jest wzór kształtu fragmentu nadwozia pojazdu, który nie jest uszkodzony. Po odpowiednim ustawieniu przyrządu pomiarowego (zachowanie poziomu, oraz kąta prostego listew względem czoła pojazdu) należy przesunąć listwy do momentu, w którym będą one dotykały nadwozia. Według takiego wzoru nadwozia należy następnie zmierzyć (w analogiczny sposób i w tym samym obszarze) nadwozie pojazdu uszkodzonego. Przesuwając ponownie listwy pomiarowe należy dopasować ich długość do zdeformowanego nadwozia pamiętając o odczytaniu wartości deformacji. Wyniki zebrane w ten sposób posłużą do obliczenia prędkości w chwili początkowej kolizji, przy użyciu metod energetycznych (EES).

## 2. Obiekt badań

Do przeprowadzenia pomiarów i obliczeń posłużył samochód osobowy marki Mercedes – Benz klasy C, model W202 z nadwoziem typu sedan (rys. 1). Wymiary pojazdu (długość x szerokość x wysokość): 4420 x 1678 x 1383 [mm], masa własna to 1150 [kg], rozstaw osi to: 2665 [mm].



Rys. 1. Pojazd odpowiadający badanemu (przed kolizją) - Mercedes - Benz W202

Badany pojazd uległ zderzeniu czołowemu z innym pojazdem. Deformacji uległo czoło pojazdu, w tym: pokrywa silnika, pas przedni, podłużnice przednie, oraz błotniki przednie z obu stron. Na rysunkach 2 i 3 widoczny między innymi zakres uszkodzeń samochodu.



Rys. 2. Zakres uszkodzeń pojazdu badanego (widok od czoła)

## 3. Pomiary

Pomiar deformacji wykonano w dziesięciu punktach w odległości co 15 cm. Rozkład wyników przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Wyniki pomiaru odkształcenia nadwozia pojazdu Mercedes - Benz W202

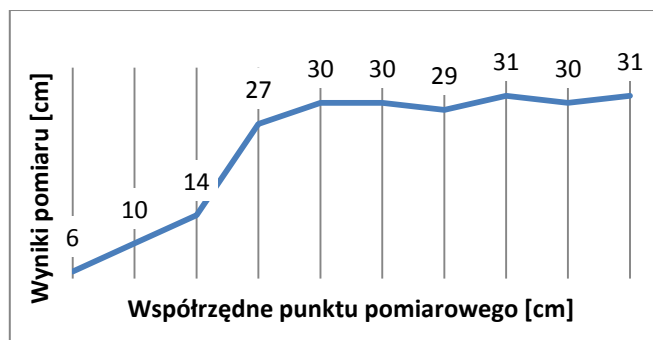
Numer punktu pomiaru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zmierzona głębokość deformacji	6	10	14	27	30	30	29	31	30	31

[cm]										



Rys. 3. Uszkodzenia pojazdu (lewa strona nadwozia)

Dane zebrane w tabeli 1 można przedstawić, jako profil odkształcenia czoła pojazdu (rys. 4).



Rys. 4. Zmierzony profil odkształcenia czoła badanego pojazdu

## 4. Wyznaczanie prędkości początkowej kolizji

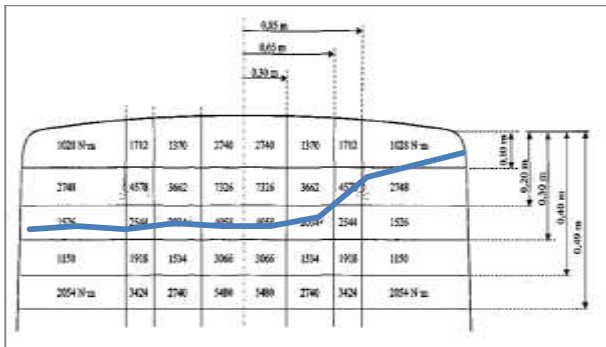
Energia deformacji została obliczona trzema metodami, wyniki obliczeń posłużyły do wyznaczenia prędkości początkowej kolizji.

### • Metoda rastrów energetycznych

Z powodu braku rastrów energetycznych samochodu Mercedes – Benz W202 w obliczeniach wykorzystano siatkę energetyczną stworzoną dla nadwozia Poloneza (rys. 5). Głównym kryterium wyboru tego rastru była jego dostępność, oraz ogólne podobieństwo konstrukcji obu pojazdów (napęd na oś tylną, silnik czterocylindrowy, umieszczony z przodu, wzdłużnie do osi pojazdu, podobne wymiary zewnętrzne i masa).

Po nałożeniu profilu uszkodzeń nadwozia na raster należy zsumować wartości pracy deformacji poszczególnych komórek:

$$W_D = 1028 + 1712 + 1370 + 2740 + 2740 + 1370 + 1712 + 913 + 2748 + 4578 + 3662 + 7326 + 3662 + 3815 + 3435 + 1526 + 2545 + 1830 + 3855 + 3855 + 1424 = 57846 \text{ [Nm]}$$



Rys. 5. Raster energetyczny z nałożonym profilem uszkodzeń

Korzystając z zależności:

$$\Delta E_k = \frac{m(v_u^2 - v_{u1}^2)}{2} = W_D = E_D \quad (1)$$

gdzie:

$\Delta E_k$  - ubytek energii kinetycznej samochodu podczas zderzenia,  
 $v_u$ ,  $v_{u1}$  - prędkość samochodu tuż przed zderzeniem i bezpośrednio po zderzeniu,

$W_D$  - praca pochłonięta na deformację nadwozia, obliczona zsumowania energii na obszarze, który uległ deformacji.

Podstawiając obliczoną pracę deformacji do równania (1) otrzymujemy:

$$v_u = \sqrt{\frac{2 \cdot 57846}{1150}} \approx 10,03 \left[ \frac{m}{s} \right] \approx 36,1082 \left[ \frac{km}{h} \right]$$

### • Metoda CRASH3

Z odpowiedniej tabeli określającej współczynniki A i B potrzebne do obliczenia maksymalnej jednostkowej energii pochłanianej na uszkodzenie odczytano wartości tych współczynników:

$$A = 440 \left[ \frac{N}{m} \right],$$

$$B = 31 \left[ \frac{N}{m^2} \right].$$

Wartość średniego trwałego odkształcenia wyniosła:

$$C_{sr} = 23,8 [cm] = 0,238 [m].$$

Ze wzoru:

$$G = \frac{A^2}{2B} \quad (2)$$

obliczono wartość współczynnika G:

$$G = 3122,5806$$

Szerokość deformacji wynosi  $L=1,5 [m]$ . Podstawiając powyższe wartości do równania:

$$E_A = L \cdot \left[ A \cdot C_{sr} + \frac{D \cdot C_{sr}^2}{2} + G \right] \quad (3)$$

uzyskano wartość energii absorpcji:

$$E_A = 1,5 \cdot \left[ 440 \cdot 23,8 + \frac{31 \cdot 23,8^2}{2} + 3122,5806 \right] = 20945,2209$$

Wartość prędkości początkowej kolizji można obliczyć podstawiając obliczoną wartość energii do wzoru:

$$v_u = \sqrt{\frac{2 \cdot 20945,2209}{1150}} \approx 3,0354 \left[ \frac{m}{s} \right] \approx 21,7276 \left[ \frac{km}{h} \right]$$

### • Metoda Campbella

Ponieważ masa badanego pojazdu mieści się w przedziale od 1100 kg do 1500 kg do obliczenia prędkości uderzenia należy skorzystać z równania:

$$v_u = 1,34 + 23,76 \cdot C_R \quad (4)$$

$$v_u = 1,34 + 23,76 \cdot 0,238 \approx 6,9949 \left[ \frac{m}{s} \right] \approx 25,1816 \left[ \frac{km}{h} \right].$$

### 5. Wnioski

Zgodnie z przewidywaniami zastosowanie siatki energetycznej Poloneza do obliczenia energii rozproszonej w wypadku z udziałem samochodu Mercedes – Benz W202 przyniosło nieco zawyżony wynik prędkości początkowej kolizji w porównaniu do metody Campbella i metody CRASH3. Pomimo podobieństw konstrukcyjnych obu samochodów (masa, zastosowany układ napędowy, wymiary etc.) nie należy stosować siatek energetycznych innych pojazdów, zwłaszcza, jeśli oba pojazdy zostały zaprojektowane w znacznym odstępie czasu. Mercedes zastosował w modelu W202 kontrolowane strefy zgniotu, co oznacza, że komora silnika ulega deformacji, w trakcie kolizji, w zaplanowany sposób. Takie rozwiązanie powoduje zmniejszenie przeciążeń przenoszonych do kabiny pasażerskiej i dalej – do ciał pasażerów przez pasy bezpieczeństwa.

Porównanie badanego pojazdu rozbitego w podobny sposób, jak w teście EuroNCAP pozwala przypuszczać, że prędkość badanego pojazdu była niższa, niż 64 km/h. Uszkodzenia obu pojazdów były podobne, jednak ich zakres w przypadku samochodu wykorzystanego w teście zderzeniowym był znacznie większy.

Zastosowanie pozostałych dwóch metod dało zbliżone wyniki, co pozwala z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, iż prędkość pojazdu tuż przed zderzeniem była zawarta w przedziale 21,7-25,2 km/h.

Wypadki drogowe zdarzają się niemal codziennie. Niniejsza praca ukazuje przydatność metod energetycznych stosowanych do szacowania prędkości początkowej kolizji w analizie wypadków. Oszacowanie wartości parametru EES, zależnie od zastosowanej metody obliczeń, raz pomaga wyznaczyć prędkość kolizyjną pojazdu, innym razem stanowi cenny parametr kontrolny. Metody te pozwalają na podstawie zebranych po wypadku danych określić w przybliżeniu prędkość kolizji, a co za tym idzie – między innymi potwierdzić, lub wykluczyć wersje zdarzeń przedstawiane przez uczestników kolizji.

### Bibliografia

1. Wypadki drogowe – Vademecum biegłego Sądowego, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, 2006,

2. Miesięcznik – Paragraf Na Drodze – roczniki 2000 – 2009, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków,
3. Kończykowski Witold - Odtwarzanie i analiza przebiegu wypadku drogowego, Wydawnictwo Info - Ekspert, Warszawa 1993,
4. Wach Wojciech, *Metody energetyczne w analizie zderzeń pojazdów* [W:] Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych: IV konferencja naukowo-techniczna, Kielce, 5-6 lutego 2004 r., pod red. Tomasza Stańczyka, Kielce, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2004

### The study of relationship between post-accident deformation and collisional speed of passenger cars at the initial moment of a crash

#### Abstract

*The article presents a review of the possibilities of utilizing the measured strain profile of a post-accident car using a specially designed and constructed measuring instrument. The device, used in the graphic method of determining the value of the work of deformation, causes an increase in the use of radioscopy as extremely important in the practice of reviewing particularly difficult and complex traffic events. The study was conducted on the car damaged in road accident.*

**Key words:** car collision reconstruction, braking, Energy Equivalent Speed.

#### Autorzy:

Mgr inż. **Mirosław Owczarz** - Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

Mgr inż. **Marcin Witkiewicz** - Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

Dr hab. inż. Prof. nadz. PG **Stanisław Taryma** - Politechnika Gdańska

Mgr inż. **Łukasz Jerszow** - Politechnika Gdańska