



KARBOWNICZEK Dagmara doktorantka, mgr inż. ;
LEJDA Kazimierz ; prof. dr hab. inż.
Politechnika Rzeszowska,
Katedra Silników Spalinowych i Transportu

ANALIZA WSKAŹNIKA GŁĘBOKOŚCI DEFORMACJI NADWOZIA SAMOCHODU OSOBOWEGO W ASPEKCIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Celem opracowania jest porównanie wartości wskaźnika głębokości deformacji nadwozia w starszych i nowszych samochodach osobowych. W celu wykazania wpływu roku produkcji samochodu osobowego na wartość głębokości deformacji nadwozia, użyto odpowiednich narzędzi statystycznych, które potwierdziły tą zależność.

1. WSTĘP

Zmiany konstrukcyjne wprowadzane w samochodach osobowych mają na celu m.in. zwiększenie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Ich główne zadanie polega na wzmocnieniu przedziału pasażerskiego tak, aby pozostał on nienaruszony podczas zderzenia. Energochłonne elementy konstrukcji rozpraszają energię uderzenia, przez co na osoby znajdujące się wewnątrz przedziału pasażerskiego działa mniejsza siła. Im mniejsza siła działa na osoby jadące, tym mniejsze obrażenia podczas wypadku drogowego [5,6].

Oceniając skuteczność wpływu wprowadzanych zmian konstrukcyjnych w samochodach osobowych na bezpieczeństwo pasażerów podczas wypadku drogowego, uwzględnia się różne miary i wskaźniki, a jednym z nich jest wskaźnik głębokości deformacji nadwozia „D” [7]. Podjęto próbę wskazania, czy zmiany konstrukcyjne wprowadzane w samochodach osobowych na przestrzeni ostatnich lat wpłynęły na wartość wskaźnika „D”.

Wskaźnik głębokości deformacji nadwozia powinien wykazywać swoją skuteczność podczas testów zderzenia czołowego, offsetowego, ukośnego i bocznego w przeszkodę, dlatego też dokonano w niniejszym artykule analizy wyników testów zderzeniowych. Warto przypomnieć, że zderzenia czołowe i boczne samochodów osobowych stanowią 78 % wszystkich wypadków drogowych z udziałem

samochodów osobowych, w których śmierć ponosi średnio ok. 87% osób jadących w tych samochodach [9].

Zmniejszenie głębokości zgniecenia w rozpatrywanej strefie może świadczyć o skuteczności rozpraszania energii uderzenia przez elementy konstrukcji samochodu [1].

2. KRYTERIA WYBORU SAMOCHODÓW DO OCENY WARTOŚCI GŁĘBOKOŚCI DEFORMACJI CZOŁOWEJ STREFY NADWOZIA

Do analizy przyjęto głębokości deformacji czołowej strefy nadwozia w starszych i nowszych samochodach osobowych. Samochody podzielono na trzy przedziały wiekowe: 1995-1999, 2000-2004, 2005-2012 oraz trzy przedziały masowe: 1000-1300 kg, 1300-1600 kg, 1600-1900 kg (uwzględniono ten sam segment handlowy). Punktem wyjścia w prowadzonej analizie była identyfikacja wyników testów zderzeniowych przeprowadzonych przez Amerykańską Administrację Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (National Highway Traffic Safety Administration), której baza z dokładnymi wynikami przeprowadzanych testów zderzeniowych jest ogólnie dostępna [7]. Spośród kilku tysięcy wyników testów zderzeniowych, wyszukano testy zderzenia czołowego offsetowego (zderzenie offsetowe-przesunięcie poprzeczne wzdłużnych osi pojazdów) dla samochodów z wybranych przedziałów masowych (znaleziono 734 testy zderzeniowe). Następnie, spośród tych testów

wybrano te, które były przeprowadzone przy tych samych przyjętych warunkach, tzn.:

- prędkość samochodu w momencie uderzenia - 56km/h,
- zderzenie ze sztywną barierą,
- takie samo wyposażenie w elementy bezpieczeństwa biernego (trzy punktowe pasy bezpieczeństwa, poduszka gazowa kierowcy),
- taki sam manekin (Hybryd III 50 centylowy).

Liczba testów jaką udało się wyszukać dla samochodów z przyjętych przedziałów była następująca: 1000-1300 kg –91 testów; 1300-1600 kg- 118 testów; 1600-1900 kg – 149 testów. Marki samochodów, które pojawiły się w wyszukanych testach to: Toyota, Ford, Volkswagen, Honda, Nissan, Mercedes, Kia, Lexus, Volvo, Subaru, Suzuki, Renault.

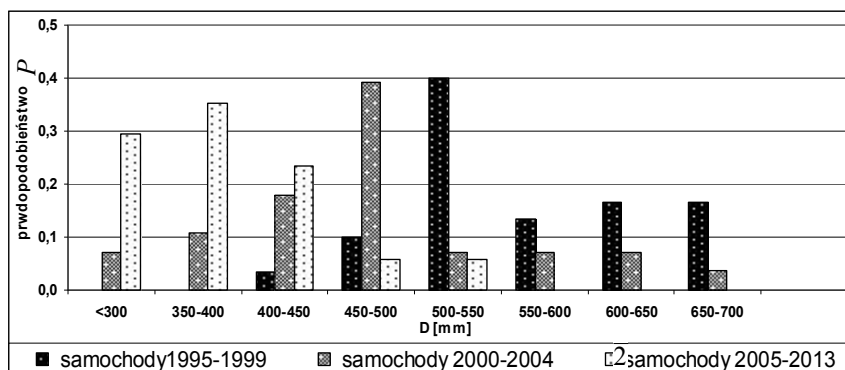
3. ANALIZA ZMIAN WARTOŚCI GŁĘBOKOŚCI DEFORMACJI CZOŁOWEJ STREFY NADWOZIA W STARSZYCH I NOWSZYCH SAMOCHODACH OSOBOWYCH

Dla samochodów osobowych z przedziałów masowych:

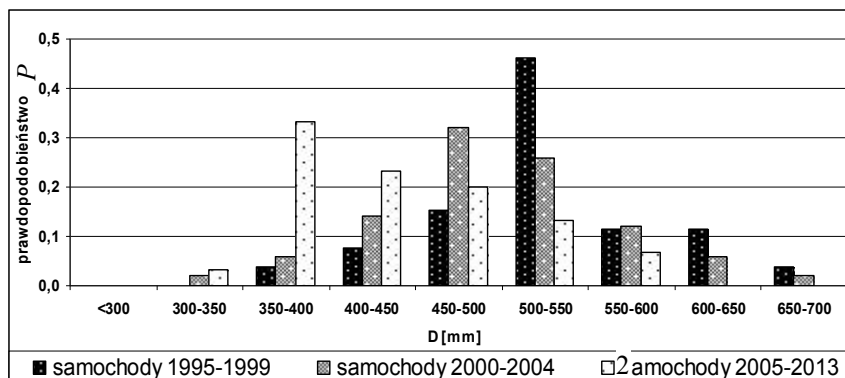
1000-1300 kg, 1300-1600 kg, 1600-1900 kg, wyznaczono histogram rozkładu wartości głębokości deformacji nadwozia „D” (rys 1 ÷ 3). Takie porównanie dla modelu samochodu tego samego producenta (przy przyjętych założeniach przedziałów wiekowych i masowych) jest niemożliwe, ze względu na niewystarczającą liczbę danych niezbędnych do prowadzonej analizy. Widoczne na rysunkach słupki pokazują, jaka wartość głębokości deformacji nadwozia występuje z największym prawdopodobieństwem w samochodach odnośnie wybranych przedziałów wiekowych. Prawdopodobieństwo obliczono zgodnie ze wzorem (1) [2,8]:

$$P = \frac{L_{ow}}{\sum L_{ow}} \quad (1)$$

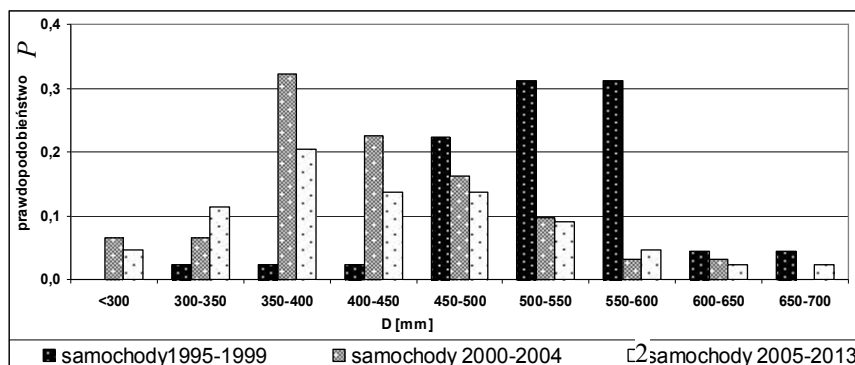
gdzie: L_{ow} - liczba wystąpienia określonej wartości „D” w testach zderzeniowych samochodów z określonego przedziału wiekowego.



Rys 1. Histogram rozkładu wartości „D”; przedział masowy 1000-1300 kg



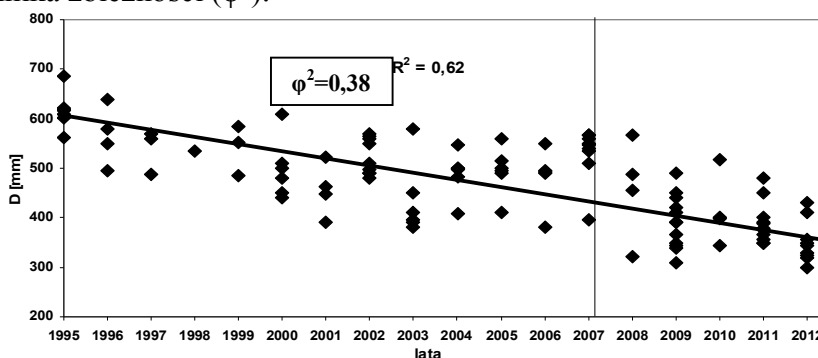
Rys 2. Histogram rozkładu wartości „D”; przedział masowy 1300-1600 kg



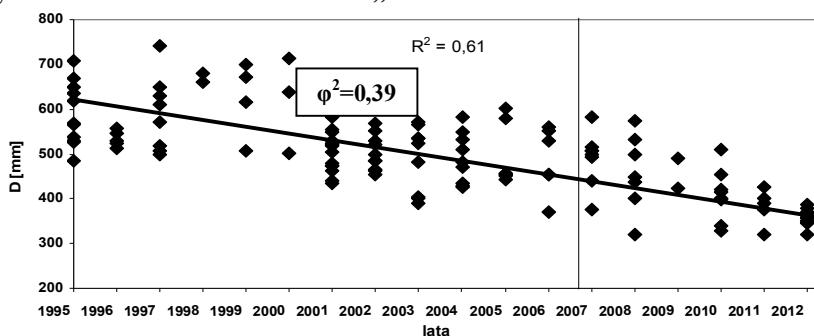
Rys 3. Histogram rozkładu wartości „D”; przedział masowy 1600-1900 kg

Niższe wartości głębokości deformacji czołowej strefy nadwozia występują z największym prawdopodobieństwem w nowszych samochodach osobowych. Test zgodności Kołmogorowa potwierdził, że rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia danej wartości „D” dla samochodów z lat 1995-2012 wykazuje cechy rozkładu normalnego, co pozwoliło na wyznaczenie [2,3,4,8] :

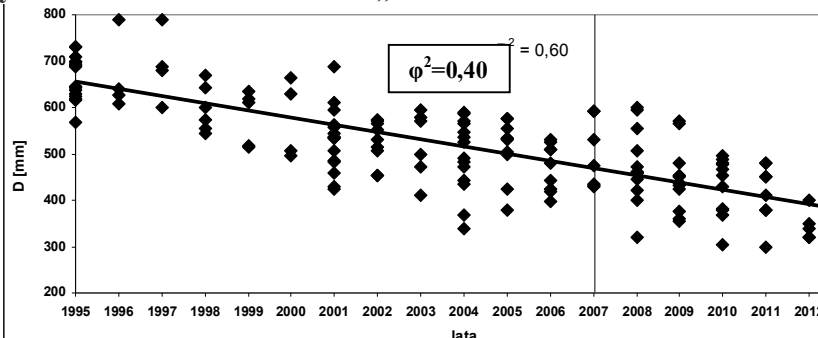
- linii trendu wskaźnika deformacji (D),
- współczynnika determinacji (R^2),
- współczynnika zbieżności (φ^2).



Rys 4. Linia trendu wskaźnika „D” dla samochodów o masie 1000-1300 kg



Rys 5. Linia trendu wskaźnika „D” dla samochodów o masie 1300-1600 kg



Rys 5. Linia trendu wskaźnika „D” dla samochodów o masie 1300-1600 kg

Linia trendu wskaźnika „D” dla samochodów osobowych wyprodukowanych w latach 1995-2012 ma tendencję spadkową dla wszystkich analizowanych przedziałów masowych.

Współczynnik determinacji R^2 został określony z zależności:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

$$\hat{y}_i - y_i = e \quad (3)$$

$$\hat{y}_i = bx_i + a \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (6)$$

gdzie:

\bar{x} - średnia arytmetyczna wartości x_i (wartość „D”) z n obserwacji,

\bar{y} - średnia arytmetyczna wartości y_i (rok produkcji samochodu) z n obserwacji,

x_i, y_i - wartości odpowiednio cech X (zbiór wartości „D”) i Y (zbiór wartości roku produkcji samochodu osobowego) dla obserwacji i ($i = 1, 2, \dots, n$),

\hat{y}_i - funkcja regresji (matematyczna funkcja będąca przybliżeniem faktycznej zależności między zmiennymi),

e - reszta (odchylenie od prawidłowości opisywanej przez funkcję regresji),

n - liczba obserwacji.

Współczynnik determinacji R^2 wskazuje, iż wartość wskaźnika „D” wynika z roku produkcji samochodu w 62 % dla samochodów o masie 1000-1300 kg, w 61% dla samochodów o masie 1300-1600 kg i 60 % dla samochodów o masie 1600-1900 kg. Współczynnik determinacji R^2 pozwala określić, jaka część zmienności zmiennej objaśnianej (czyli wartość głębokości deformacji czołowej strefy nadwozia) wynika ze zmiennej objaśniającej (rok produkcji

samochodu). Współczynnik determinacji przyjmuje wartości z przedziału $[0;1]$. Model jest tym lepiej dopasowany do danych, im R^2 jest bliższe jedności [2,3,4,8].

Powiązany z współczynnikiem R^2 jest współczynnik zbieżności. Współczynnik zbieżności ϕ^2 określa, jaka część zmienności zmiennej objaśnianej nie została wyjaśniona przez model, a więc opisuje tę część zmienności zmiennej objaśnianej, która wynika z innych czynników niż uwzględnione w modelu. Współczynnik zbieżności przyjmuje wartości z przedziału $[0;1]$. Dopasowanie modelu jest tym lepsze, im wartość jest bliższa zeru. Współczynnik zbieżności określa równanie:

$$\phi^2 = 1 - R^2 \quad (7)$$

Wartość głębokości deformacji czołowej strefy nadwozia wynika z czynników innych niż uwzględnione w modelu w 38% dla samochodów o masie 1000-1300 kg, w 39 % dla samochodów o masie 1300-1600 kg oraz w 40% dla samochodów o masie 1600-1900 kg.

PODSUMOWANIE

Skuteczność elementów konstrukcji rozpraszających energię uderzenia wyraża się zmniejszeniem wartości głębokości deformacji nadwozia samochodów. Widoczne zmiany w zasięgu stref deformacji nadwozi samochodów osobowych, wraz z rosnącymi latami ich produkcji pokazują, że wprowadzane modyfikacje w konstrukcji nadwozi spowodowały istotne skutki w postaci zmniejszenia tych odkształceń. Energia uderzenia jest rozpraszana przez strefę zgniotu i w efekcie na pasażerów w przedziale pasażerskim działa mniejsza siła. Obserwowane zmiany zmniejszenia głębokości deformacji w strefie czołowej są jednoznacznie korzystne, ponieważ wykazują tendencje w budowie samochodów odnośnie zwiększania bezpieczeństwa ruchu. Wraz z pojawianiem się coraz większej liczby elementów konstrukcji rozpraszających energię uderzenia, maleje ryzyko naruszenia kabiny pasażerskiej.

Otrzymane wartości współczynnika determinacji oraz współczynnika zbieżności

dowodzą, iż rok produkcji samochodu, czyli stopień i jakość wyposażenia w energochłonne elementy konstrukcji, wpływa na wartość głębokości deformacji czołowej strefy nadwozia.

LITERATURA:

- [1] Ablaßmeier W., Slaba T., Walner S., Hartlieb M., Böning S., Wrobel B., Kamm M., O'Brien S., Schwarz T., Zobel R., Ebner H.: Opportunities for a worldwide compatibility evaluation. The 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles Conference (ESV). Lyon-France, 2007.
- [2] Greń J.: Statystyka matematyczna- modele i zadania. PWN, Warszawa 1974.
- [3] Sadowski W.: Statystyka matematyczna. PWE, Warszawa 1969r.
- [4] Sadowski W.: Elementy ekonometrii programowania matematycznego. PWN, Warszawa 1980 r.
- [5] Sadowski W.: Mała encyklopedia statystyki. PWE, Warszawa 1976 r.
- [6] Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa 2004.
- [7] Zieliński A.: Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych. WKŁ, Warszawa 2008.
- [8] <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov>
- [9] KOMENDA GŁÓWNA POLICJI. Wydział Profilaktyki i Analizy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego. Warszawa 2010

ASSESSMENT INDICATOR ANALYSIS OF DEPTH DEFORMATION IN THE PASSENGER CAR REGARDING TO ROAD SAFETY

Abstract

Structural changes introduced in passenger cars are very important in terms of road safety. Their mission is to strengthen the passenger compartment so that it remained intact during impact. Energy-intensive elements of design disperse crash energy so that the people inside the passenger compartment works less force. The smaller the force acting on the people riding, the less damage in an accident [5,6].

The aim of the study is to compare the indicator value the depth of body deformation in the older and newer passenger cars. In order to demonstrate the reliability hypothesis of the impact the production of passenger car body deformation depth value, we used appropriate statistical tools, which confirmed the hypothesis.