

# WSKAŹNIK OCENY HIC SAMOCHODU OSOBOWEGO W ASPEKCIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Dagmara KARBOWNICZEK<sup>1</sup>, Kazimierz LEJDA<sup>2</sup>,

Ruch ciała człowieka w samochodzie podczas wypadku drogowego zależy od sztywności nadwozia i zasięgu strefy odkształcenia jego konstrukcji oraz skuteczności działania systemów ochronnych [7,8]. Celem opracowania jest porównanie wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC (Head Injury Criterion) w starszych i nowszych samochodach osobowych. Uwagę zwrócono na powiązanie wpływu roku produkcji samochodu na wartość wskaźnika. Użyto odpowiednich narzędzi statystycznych dla potwierdzenia postawionej tezy. Uzyskano informację, jak zmienia się wartość HIC w kolejnych nowszych wersjach samochodów osobowych.

## 1. WSTĘP

Działania mające na celu poprawę bezpieczeństwa pasażera podczas wypadku drogowego są realizowane w kolejnych etapach doskonalenia samochodów, czyli wraz z wprowadzaniem na rynek nowych modeli. Podczas oceny skuteczności wpływu wprowadzanych zmian na bezpieczeństwo pasażerów podczas wypadku drogowego, wyróżnia się następujące miary i wskaźniki [9]:

- wartości ekstremalne przyspieszenia głowy  $a_{max}$ ,
- wskaźnik obrażeń głowy HIC,
- deformacja nadwozia jako źródło zagrożeń dla osób jadących.

Obrażenia głowy należą do najczęstszych urazów występujących podczas zderzenia.

Kryterium oceny obrażeń głowy znane pod nazwą HIC (Head Injury Criterion) lub HPC (Head Performance Criterion) zostało ustalone w postaci [1,2]:

$$HIC = \max \left[ \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \quad (1)$$

gdzie:  $t_1$ - $t_2$ - przedział czasu, w którym dochodzi do obrażeń głowy,

$a(t)$ - wypadkowe przyspieszenie głowy mierzone w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach (sumowane geometrycznie)

W dyrektywie FMVSS 208 (Federal Motor Vehicle Safety Standards) amerykańskiej organizacji NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), zajmującej się problematyką bezpieczeństwa ruchu drogowego, ustalono wartość graniczną  $HIC_{36} = 1000$  w czasie  $t = 36$  ms (dla manekinów reprezentujących dorosłego człowieka i 6-letnie dziecko). Zatem, jeżeli wartość HIC przekroczy 1000, istnieje niebezpieczeństwo utraty życia [1,2]. Obniżanie się wartości wskaźnika HIC jest rezultatem doskonalenia konstrukcji pojazdów.

Interesującym zagadnieniem jest doskonalenie urządzeń ochrony osób jadących poprzez wprowadzanie nowych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych. Przeprowadzona analiza w artykule dotyczy problemu, w jakim stopniu doskonalenie konstrukcji samochodów osobowych wpływa na wartość wskaźnika obrażeń głowy HIC.

---

<sup>1</sup> mgr inż. Dagmara Karbowniczek; doktorantka

<sup>2</sup> prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda; Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu

## 2. KRYTERIA WYBORU SAMOCHODÓW DO OCENY WARTOŚCI WSKAŹNIKA OBRAŹEŃ GŁOWY

Porównano wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC w starszych i nowszych samochodach osobowych. Samochody podzielono na trzy przedziały wiekowe: 1995-1999, 2000-2004, 2005-2010 oraz trzy przedziały masowe: 1000-1300 kg, 1300-1600 kg, 1600-1900 kg. Brano pod uwagę masę całkowitą samochodów oraz ten sam segment handlowy.

Punktem wyjścia w prowadzonej analizie była identyfikacja wyników testów zderzeniowych przeprowadzonych przez Amerykańską Administrację Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (NHTSA), której baza z dokładnymi wynikami przeprowadzanych testów zderzeniowych jest ogólnie dostępna [9]. Spośród kilku tysięcy wyników testów zderzeniowych wyszukano testy zderzenia czołowego offsetowego<sup>3</sup> dla samochodów z wybranych przedziałów masowych (znaleziono 734 testów zderzeniowych), następnie spośród tych testów wybrano te, które były przeprowadzone przy tych samych warunkach, tzn.:

- zderzenie czołowe offsetowe,
- prędkość uderzenia 56 km/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<sup>4</sup>).

Liczba testów jaką udało się wyszukać, to dla samochodów z przedziału: 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.

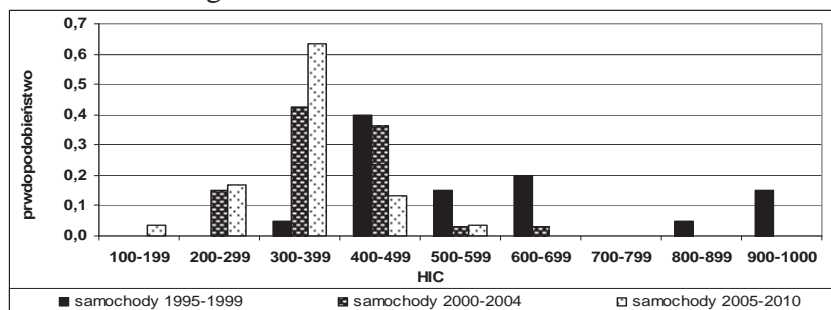
## 3. ANALIZA ZMIAN WARTOŚCI WSKAŹNIKA OBRAŹEŃ GŁOWY HIC W STARSZYCH I NOWSZYCH SAMOCHODACH OSOBOWYCH

Dla samochodów osobowych z przedziałów masowych: 1000-1300 kg, 1300-1600 kg, 1600-1900 kg, wyznaczono histogram rozkładu wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC (rys. 1 ÷ 3). Widoczne na rysunkach słupki pokazują, jaka wartość wskaźnika HIC występuje z największym prawdopodobieństwem w samochodach odnośnie wybranych przedziałów wiekowych. Prawdopodobieństwo obliczono zgodnie ze wzorem (2) [3,4]:

$$P = \frac{L_{ow}}{\sum L_{ow}} \quad (2)$$

gdzie:

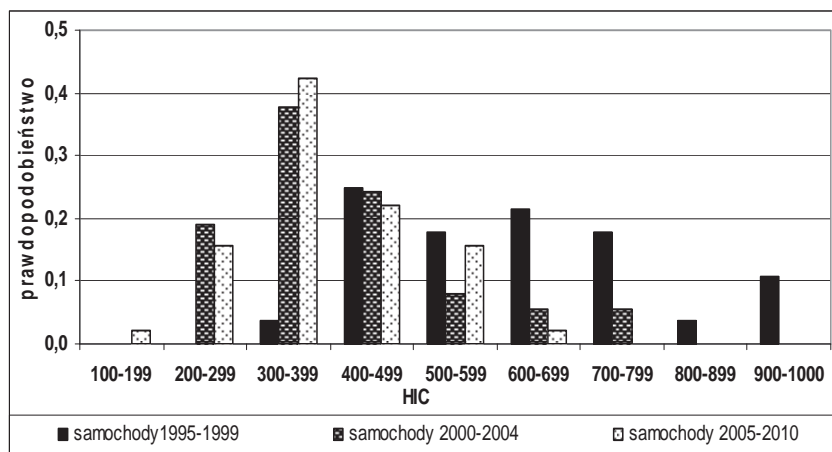
$L_{ow}$  - liczba wystąpienia określonej wartości HIC w testach zderzeniowych samochodów z określonego przedziału wiekowego.



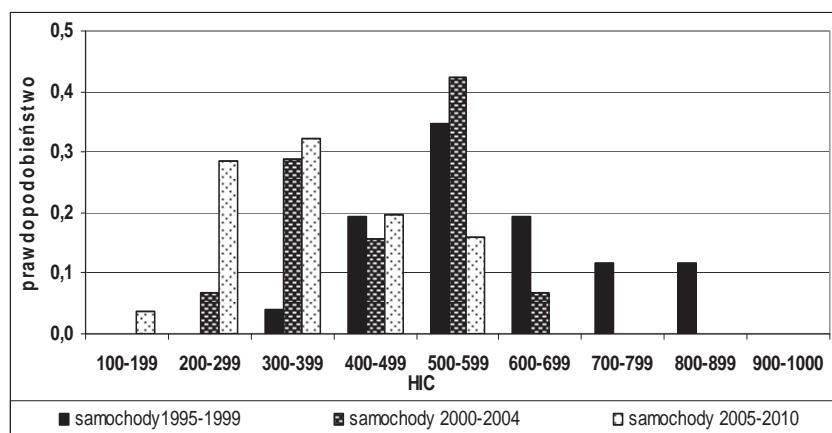
Rys 1. Histogram rozkładu wartości HIC; przedział masowy 1000-1300 kg

<sup>3</sup> zderzenie offsetowe – uderzenie w przedmiot stały odkształcalny, przyjmujący energię uderzenia (w wyniku następuje przesunięcie poprzeczne wzdłużnej osi pojazdu)

<sup>4</sup> centyl – wskaźnik rozwoju fizycznego człowieka



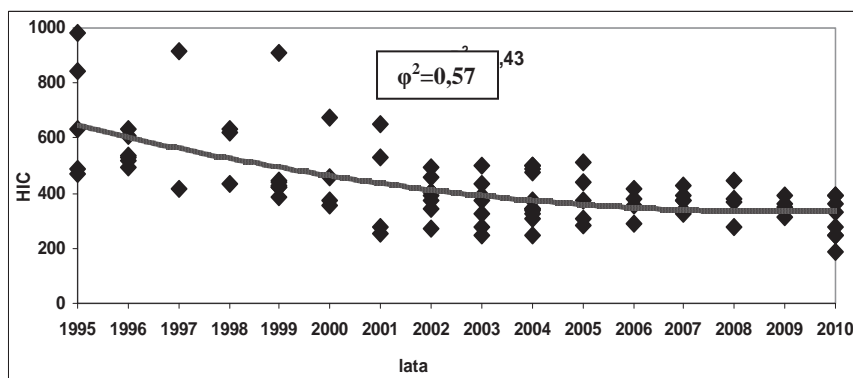
Rys 2. Histogram rozkładu wartości HIC; przedział masowy 1300-1600 kg



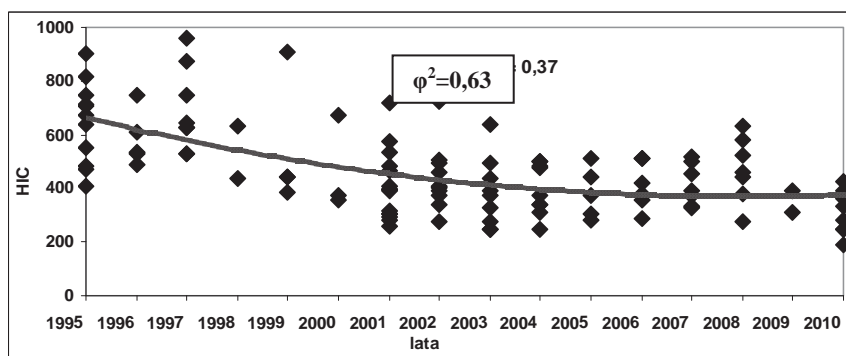
Rys 3. Histogram rozkładu wartości HIC; przedział masowy 1600-1900 kg

Analiza przedstawionych histogramów wskazuje, że niższe wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC występują z największym prawdopodobieństwem w nowszych samochodach osobowych. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia danej wartości HIC dla samochodów z lat 1995-2010 wykazuje cechy rozkładu normalnego (wykonano test zgodności Kołmogorowa), co pozwoliło na wyznaczenie [3,4,5,6] :

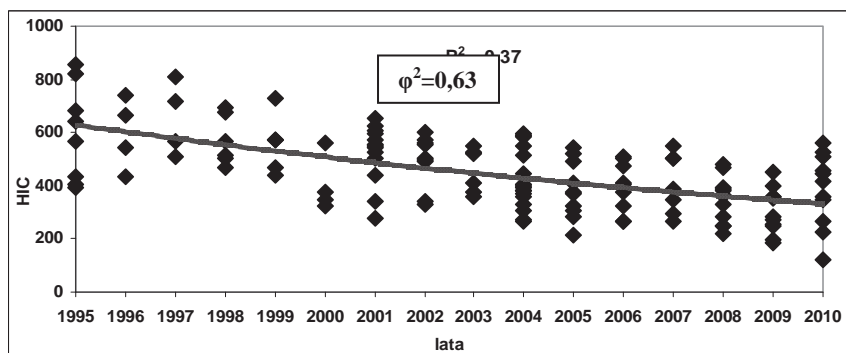
- linii trendu,
- współczynnika determinacji,
- współczynnika zbieżności.



Rys 4. Linia trendu wskaźnika HIC dla samochodów o masie 1000-1300 kg



Rys 5. Linia trendu wskaźnika HIC dla samochodów o masie 1300-1600 kg



Rys 6. Linia trendu wskaźnika HIC dla samochodów o masie 1600-1900 kg

Linia trendu wskaźnika HIC dla samochodów osobowych wyprodukowanych w latach 1995-2010 ma tendencję spadkową dla wszystkich analizowanych przedziałów masowych.

Obliczony współczynnik determinacji  $R^2=0,37$  i  $R^2=0,43$  wskazuje, że wartość wskaźnika HIC wynika z roku produkcji samochodu: w 37 % dla samochodów o masie 1300-1600 kg i 1600-1900 kg oraz 43% dla samochodów o masie 1000-1300 kg.

Współczynnik determinacji  $R^2$  wyrażony jest wzorem o postaci:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y} - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

$$Y - y_i = e \quad (4)$$

$$Y = bx_i + a \quad (5)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (7)$$

gdzie:

$\bar{x}$  – średnia arytmetyczna wartości  $x_i$  (wartość HIC) z  $n$  obserwacji,

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

$x_i, y_i$  wartości odpowiednio cech X i Y dla obserwacji i ( $i = 1, 2, \dots, n$ ),

$\hat{Y}$  – funkcja regresji (matematyczna funkcja będąca przybliżeniem faktycznej zależności między zmiennymi),

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

$n$  – liczba obserwacji.

Powiązany z współczynnikiem determinacji jest współczynnik zbieżności. Współczynnik zbieżności  $\varphi^2$  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.

$$\varphi^2 = 1 - R^2 \quad (8)$$

Zmienność wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC nie została wyjaśniona przez model (czyli nie wynika z roku produkcji samochodu) w 57 % dla samochodów o masie 1000-1300 kg i w 63% dla samochodów o masie 1300-1600 kg oraz 1600-1900 kg.

## PODSUMOWANIE

Widoczne jest zmniejszenie wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC w nowszych samochodach osobowych wraz z pojawianiem się coraz większej ilości elementów konstrukcji, których zadaniem jest rozproszenie energii uderzenia. Elementy takie, poprzez swoją zaprogramowaną deformację, zamieniają energię kinetyczną zderzenia na pracę sił deformacji. Skuteczniejsze rozpraszanie energii powoduje, że na osoby znajdujące się w przedziale pasażerskim działają mniejsze przeciążenia, czego efektem jest zmniejszenie wartości ekstremalnego przyspieszenia głowy oraz wskaźnika HIC.

Otrzymane wartości współczynnika determinacji wskazują, iż rok produkcji samochodu, czyli stopień i jakość wyposażenia w energochłonne elementy konstrukcji, wpływa na wartość wskaźnika HIC, aczkolwiek w większym stopniu widoczny jest ten wpływ w samochodach o mniejszej masie całkowitej.

Określenie współczynnika zbieżności pozwoliło również na ustalenie, że rok produkcji samochodu osobowego wpływa na wartość HIC. Wartość tego wskaźnika zależy w większym stopniu w samochodach klasy niższej średniej aniżeli w samochodach klasy średniej.

## LITERATURA:

- [1] Diupero T., Emil Wolski E.: Kryteria odporności biomechanicznej człowieka w badaniach zderzeniowych pojazdów (część I). ITS, Kwartalnik BRD nr 2/1999 r.
- [2] Diupero T., Emil Wolski E.: Kryteria odporności biomechanicznej człowieka w badaniach zderzeniowych pojazdów (część II). ITS, Kwartalnik BRD nr 3/1999 r.
- [3] Greń J.: Statystyka matematyczna- modele i zadania. PWN, Warszawa 1974r.
- [4] Sadowski W.: Statystyka matematyczna. PWE, Warszawa 1969r.
- [5] Sadowski W.:Elementy ekonometrii programowania matematycznego. PWN, Warszawa 1980 r.
- [6] Sadowski W.: Mała encyklopedia statystyki. PWE, Warszawa 1976 r.
- [7] Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa 2004.
- [8] Zieliński A.: Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych. WKŁ, Warszawa 2008.
- [9] <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/database.aspx/vehdb/queryvehicle.aspx>

## **HIC EVALUATION INDICATOR OF PASSENGER CAR IN THE ASPECTS OF ROAD SAFETY**

The movement of the human body in the car during the traffic accident depends on the rigidity of the body and within zone the deformation the design and effectiveness of protective systems [7,8].

The aim of this paper is to compare the indicator value head injuries HIC (Head Injury Criterion) in older and newer passenger cars. Attention has been paid to the link between the impact of year of manufacture car in the value of the indicator. Was used appropriate statistical tools to confirm the bet thesis. Information obtained as the value of the HIC in the next newer passenger cars.