

# Uogólniony wskaźnik trwałości pojazdu w odniesieniu do różnych warunków ruchu

Mariusz Kosobudzki<sup>1, a)</sup>, Tadeusz Smolnicki<sup>2, b)</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Inżynierii Maszyn Roboczych i Pojazdów Przemysłowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska ul. Łukasiewicza 7/9, Wrocław 50-371, Polska*

<sup>2</sup>*Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska ul. Łukasiewicza 7/9, Wrocław 50-371, Polska*

<sup>a)</sup>Corresponding author: mariusz.kosobudzki@pwr.edu.pl

<sup>b)</sup>tadeusz.smolnicki@pwr.edu.pl

**Abstract.** W pracy przedstawiono koncepcję wykorzystania uogólnionego wskaźnika spadku trwałości (zmęczeniowej), który w literaturze występuje pod nazwą Pseudo Damage Number, jako narzędzia do szacowania trwałości pojazdów kołowych małej i średniej ładowności wysokiej mobilności, które w przypadku Sił Zbrojnych są podstawowymi środkami transportu, mającymi decydujący wpływ na efektywność całego systemu zabezpieczenia logistycznego pododdziałów. Wyznaczenie wskaźnika Pseudo Damage Number daje podstawę do oszacowania ekwiwalentnej amplitudy obciążenia do danego odcinka pomiarowego oraz ekwiwalentnego przebiegu. Wyznaczenie tych parametrów pozwala oszacować charakter rzeczywistych warunków drogowych poprzez porównanie ich do wcześniej zidentyfikowanych. Przeprowadzono również analizę wartości współczynnika  $\beta$  charakteryzującego nachylenie krzywej na wykresie wytrzymałości zmęczeniowej odnosząc jego wartość podawaną w literaturze do wartości wyznaczonej analitycznie na wybranym przykładzie.

## WSTĘP

Decyzja o zakupie przez służby państwowe, np. Policję, Państwową Straż Pożarną, Siły Zbrojne pojazdów, szczególnie pojazdów specjalnych, ma duży wpływ na funkcjonowanie tych instytucji ze względu na wymaganą trwałość i niezawodność środków transportu oraz oczekiwane koszty eksploatacji [1]. W uzasadnionych przypadkach, jeżeli pozyskiwany pojazd ma posiadać szczególne cechy użytkowe, których nie posiadają pojazdy produkowane seryjnie, opracowuje się szczegółowy zbiór wymagań i zleca wyprodukowanie pojazdu wybranemu producentowi [2]. W trakcie procesu projektowo – konstrukcyjnego producent prowadzi liczne badania (wirtualne, stanowiskowe, przebiegowe) elementów, zespołów i prototypu pojazdu, które mają na celu weryfikację przyjętych założeń i proponowanych rozwiązań technicznych [3]. Istotnym problemem jest znalezienie korelacji pomiędzy trwałością całego pojazdu (kluczowych elementów konstrukcyjnych) z warunkami eksploatacji. Podejmowane są próby wyposażania pojazdów w układy rejestracji pojawiających się obciążeń użytkowych i szacowania ich wpływu na resztkowy potencjał eksploatacyjny [4]. Analizując publikacje naukowe na ten temat można zauważyć, że dominują dwa zasadnicze podejścia do rozwiązania przedstawionego problemu. Podejście pierwsze zakłada określenie trwałości nowego pojazdu wyrażonej w kilometrach przebiegu (latach eksploatacji w odniesieniu do tych elementów lub zespołów pojazdu, które ulegają degradacji wywołanej przede wszystkim przez czynniki atmosferyczne) i ciągłe kalkulowanie trwałości resztkowej wraz z postępującym przebiegiem pojazdu. Podejście drugie opiera się na ciągłej analizie danych pomiarowych obecnych w stale

rozbudowywanych systemach diagnostyki pokładowej w poszukiwaniu sygnałów zapowiadających osiągnięcie przez monitorowany element (zespół) stanu granicznego. Wyposażenie pojazdów w systemy tego typu pozwala na zautomatyzowanie procesu zarządzania flotą pojazdów i wskazywanie dostępnych pojazdów o największym potencjale eksploatacyjnym i niezawodnościowym. Dostrzega się ponadto szereg dodatkowych korzyści, m.in. redukcję kosztów eksploatacji, czy większą świadomość operacyjną [5].

## UJĘCIE ANALITYCZNE PROBLEMU

Podstawą teoretyczną proponowanego rozwiązania problemu, polegającego na określeniu wpływu warunków drogowych na resztkowy potencjał eksploatacyjny jest wykorzystanie równania opisującego wytrzymałość zmęczeniową w postaci:

$$N = \alpha S^{-\beta} \quad (1)$$

i zliczaniu cykli obciążeń wykorzystując hipotezę Palmgrena-Minera. Jeżeli przyjmiemy, że parametr  $\alpha$  i  $\beta$  ma stałą wartość w odniesieniu do konkretnego elementu pojazdu, możemy wyznaczyć parametr  $d$ , nazywany pseudo zużyciem [6], opisany zależnością:

$$d = \sum_i S_i^\beta \quad (2)$$

Jeżeli zostaną przeprowadzone badania wstępne pojazdu w zidentyfikowanych warunkach drogowych (opisanych w zbiorze wymagań opracowanych do pojazdu), będzie można wyznaczyć wskaźnik  $d$  do tych warunków i tym samym wykazać, które z dopuszczalnych warunków drogowych mają największy (najmniejszy) wpływ na spadek trwałości resztkowej pojazdu.

## WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA $\beta$

W literaturze podaje się wartości współczynnika  $\beta$  w powiązaniu z rodzajem materiału i stanem jego powierzchni. Przyjmuje się do elementów spawanych  $\beta=3$ , do podzespołów z gładkimi powierzchniami  $\beta=7$ , pozostałe rodzaje elementów, których powierzchnia nie jest obrabiana mechanicznie  $\beta=5$ . Analityczne wyznaczenie współczynnika  $\beta$  przeprowadzono na przykładzie poprzeczki rurowej wykorzystanej w konstrukcji ustroju nośnego pojazdu kołowego wysokiej mobilności, otrzymując wartość  $\beta=5,3$ .

## PODSUMOWANIE

Prezentowana koncepcja wykorzystania wskaźnika Pseudo Damage Number i pochodnych daje możliwość szacowania wpływu rzeczywistych warunków drogowych na trwałość pojazdu. Zaprezentowana formuła wydaje się mieć potencjał do zautomatyzowania całego procesu, co może dać podstawy do zbudowania systemu szacowania trwałości resztkowej pojazdu.

## LITERATURA

1. Decyzja Nr 141/MON Ministra Obrony Narodowej z dnia 5 lipca 2017 r. w sprawie systemu pozyskiwania, eksploatacji i wycofywania sprzętu wojskowego Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej.
2. Wstępne Założenia Taktyczno – Techniczne na samochód średniej ładowności wysokiej mobilności. Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych, Warszawa, 2011 r.
3. NASA System Engineering Handbook. NASA. Washington, 2016 r.
4. [www.shephardmedia.com/news/mil-log/british-army-receives-hums-general-dynamics-uk/](http://www.shephardmedia.com/news/mil-log/british-army-receives-hums-general-dynamics-uk/)
5. M. Esperon-Miguez, P. John, I.K. Jennions, A review of Integrated Vehicle Health Management tools for legacy platforms: Challenges and opportunities, Progress in Aerospace Sciences, 56, 19-34 (2013).
6. P.Johannesson, M.Speckert, Guide to load analysis for durability in vehicle engineering, John Wiley&Sons. Ltd, 2014 r.