

Przemysław SIMIŃSKI<sup>1</sup>

**METODYKA OKREŚLANIA WPŁYWU  
WYBRANYCH ZMIAN KONSTRUKCYJNYCH  
NA BEZPIECZEŃSTWO RUCHU WOJSKOWYCH POJAZDÓW KOŁOWYCH**

*W niniejszym artykule przedstawiono metodykę badań pozwalającą na ocenę wpływu wybranych zmian konstrukcyjnych na bezpieczeństwo ruchu wojskowych pojazdów kołowych. Rozważania dotyczą kwestii bezpieczeństwa ruchu związanych z dynamiką pojazdów. Efekty wymierne obejmują zwiększenie bezpieczeństwa pojazdu i związane z tym obniżenie ryzyka wypadków drogowych, obniżenie kosztów budowy aplikacji wojskowych pojazdów kołowych, oraz skrócenie czasu pozyskiwania pojazdów dla Sił Zbrojnych.*

**ISSUES OF SPECIAL WHEELED VEHICLES DYNAMICS  
RESEARCH STUDIES**

*This paper refers to issues related to the safety of military wheeled vehicles. The paper contents include a reference analysis of research studies conducted using military wheeled vehicles. Experimental and simulation research results, contained under this publication contents, are the basis for the performed analyses. The issues touched on here are closely related to the vehicles safety and that is reflected in the title of the paper. The analysis results may be useful for Armed Forces and the weapons manufacturing industry. Measurable effects involve increased safety of the vehicle and thus related mitigated risk of road accidents, reduced costs to build applications of military wheeled vehicles, lowered costs to make any possible changes in serial vehicles, and acquisition of optimal structural designs in terms of safety for purposes of Polish Armed Forces.*

**1. WSTĘP**

Budowanie różnych wersji pojazdów, nie tylko wojskowych, na podwoziu bazowym jest powszechnie stosowaną praktyką. Opracowywanie przez producentów nowych konstrukcji pojazdów kołowych wiąże się z koniecznością badań nad bezpieczeństwem ruchu. W celu ich uniknięcia zwykle wykonuje się, zarówno bardzo kosztowne jak i

---

<sup>1</sup> Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej, 05-070 Sulejówek, ul. Okuniewska 1, tel. 22 782 19 28, 22 681 10 21, e-mail: zbwo@wp.pl

niebezpieczne dla ludzi, badania na pojazdach prototypowych. Tworzenie nowych konstrukcji pojazdów nie powinno wiązać się z pogorszeniem ich bezpieczeństwa. Szczególnie niebezpieczeństwo dla załogi wiąże się z przewróceniem samochodu na bok. Pojazdy o nietypowej konstrukcji, o wysoko położonym środku masy, są szczególnie podatne na takie wypadki. Podczas budowania wersji odmiennych od bazowych, lub modernizacji pojazdów, wprowadzane są zmiany konstrukcyjne i eksploatacyjne wpływające na kierowność i stateczność. Niestety często potrzeby wojskowych działań operacyjnych wymuszają budowę pojazdów pod presją czasu. Wtedy brakuje dostatecznej ilości czasu na dopracowanie elementów konstrukcji wpływających na bezpieczeństwo ruchu. Z tego względu wydaje się konieczne podjęcie kroków w kierunku ograniczenia zagrożeń i podniesienie bezpieczeństwa załóg powstających pojazdów.

## **2. BEZPIECZEŃSTWO WOJSKOWYCH POJAZDÓW KOŁOWYCH**

Kwestie bezpieczeństwa pojazdów wojskowych są niezwykle istotne. Parafrazując, bezpieczni żołnierze to bezpieczne społeczeństwo. Rozpatrując kwestie bezpieczeństwa pojazdów wojskowych nie można uciec od scharakteryzowania obiektów jakimi wojskowe pojazdy kołowe. Chociaż większość z nich można uznać, za pojazdy specjalne to część z nich jest specyficzna i wyróżnia się rozwiązaniami technicznymi nie spotykanymi na rynku pojazdów komercyjnych. W grupach pojazdów kołowych wystarczy wymienić: lekkie pojazdy opancerzone, pojazdy minoodporne, wozy bojowe i transportery piechoty, zestawy drogowe do transportu ciężkiej techniki bojowej czy też wozy ewakuacji technicznej. Niepowtarzalność tych obiektów można zauważyć analizując ich charakterystyki techniczne. Nawet z pobieżnego przeglądu można dostrzec, w zależności od typu pojazdu: ponad przeciętne wymiary gabarytowe, duża masa całkowita, duże momenty bezwładności. Szczególnie też pozostają warunki pracy kierowców, często z silnie ograniczoną widocznością oraz systemami zabezpieczeń antyminowych jak specyficzne siedziska czy też systemy pasów bezpieczeństwa.

Na ogół rozpatrując pojazdy kołowe, w zakresie bezpieczeństwa, mówimy o dwóch jego obszarach: czynnym oraz biernym. Mówiąc o bezpieczeństwie pojazdów wojskowych należy wspomnieć o konieczności przeciwdziałania zagrożeniom bojowym i ochronie załóg z tym związaną. Zapewnienie optymalnej ochrony załodze umożliwia wysoki poziom zespołu cech pojazdu, należą do nich: siła ognia (możliwość rażenia przeciwnika odpowiednio skutecznymi środkami ogniowymi), odporność balistyczna i antyminowa (wyrażana jakością opancerzenia), wysoka mobilność (dynamika jazdy, pokonywanie przeszkód terenowych, zwrotność). Dopiero kompleksowy rozwój wspomnianych cech pozwala na osiągnięcie zadowalającego poziomu bezpieczeństwa. Wszelkie dysproporcje, jak na przykład silne opancerzenie przy niskiej dynamice ruchu, są niepożądane i nie gwarantują bezpieczeństwa pojazdów wojskowych, zwłaszcza opancerzonych.



*Rys 1. Bezpieczeństwo pojazdów wojskowych należy rozpatrywać w szerszym aspekcie np.: odporności balistycznej, transportowalności, urządzeń specjalnych, możliwości pokonywania przeszkód wodnych itd.*

### 3. UZASADNIENIE I IDEA METODYKI

W procesie konstruowania pojazdów wojskowych, często na bazie podwozia, czy też platformy dokonuje się modyfikacji i modernizacji. W efekcie budowane są praktycznie nowe pojazdy, spełniające aktualne wymagania taktyczno-techniczne, dopasowane do aktualnych potrzeb. Jednakże potrzeba osiągnięcia i spełnienia przez pojazd nowych wymagań, bardzo często wiąże się z wyczerpaniem technicznych możliwości podwozi bazowych. Wobec tego celem nadrzędnym staje się, konstruowanie nowych typów pojazdów bez pogorszenia dotychczasowego. Zauważamy to do bezpieczeństwa ruchu pojazdu, w szczególności jego dynamiki, czyli zachowania się podczas zmiany prędkości i toru jazdy. Przy budowaniu wersji odmiennych od bazowej lub modernizacji, wprowadzane są zmiany konstrukcyjne i eksploatacyjne. Wpływają one na zmianę charakterystyki kierowności i stateczności pojazdu. Możliwości poprawy tych charakterystyk są utrudnione, zwłaszcza, jeśli dotyczy to dużych partii już wdrożonych pojazdów.



*Rys 2. Zagadnienie bezpieczeństwa ruchu w pojazdach wojskowych*

Istotny wpływ na poziom bezpieczeństwa wojskowych pojazdów kołowych ma procedura ich wdrażania. Funkcjonuje ona w oparciu o dokumenty takie jak Decyzja MON.

Aktualnie w systemie wdrażania należy wyróżnić: instytucję generującą potrzebę – gestora, organ koordynująco-decyzyjny – Sztab Generalny WP, instytucja realizująca – BARU (Biuro Analiz Rynku Uzbrojenia). W instytucji realizującej, w razie potrzeb opracowywane są wymagania taktyczno-techniczne oraz program badań (testów). Należy stwierdzić, że przy dużej indywidualności i specyfice obiektów, mogą pojawić się trudności w wyczerpującym potraktowaniu w ramach testów problematyki bezpieczeństwa ruchu. Dodatkowo w procesie pozyskiwania sprzętu pojawiają się determinanty: czas oraz koszty. W procesie tym nie ma miejsca na poprawę i doskonalenie konstrukcji, a badania w zakresie bezpieczeństwa ruchu pojazdów kołowych mogą być ograniczone. Procedura wdrażania i weryfikacji sprzętu kładzie nacisk na optymalizację konstrukcji już na etapie projektowania oraz budowy prototypu.

Dlatego istnieje potrzeba opracowania metodyki badań pozwalającej na ocenę bezpieczeństwa pojazdów kołowych, w szczególności umożliwiającej ocenę wpływu zmian konstrukcyjnych. Kwestia wpływu determinantów może zostać rozwiązana poprzez zaangażowanie badań symulacyjnych jako panaceum na czas i koszty.

Rozwiązanie postawionego problemu poprawy bezpieczeństwa ruchu kołowych pojazdów wojskowych, powinno polegać na ocenie wpływu zmian konstrukcyjnych wprowadzanych do tych pojazdów na ich bezpieczeństwo ruchu. Przede wszystkim ocena rezultatów badań symulacyjnych dla reprezentatywnych manewrów oraz wprowadzenie na tej podstawie modyfikacji do konstrukcji pojazdu powinny stać na straży bezpieczeństwa. Tym samym celowe wydaje się prowadzenie badań symulacyjnych (przy pomocy zweryfikowanych eksperymentalnie modeli matematycznych oraz zbudowanego oprogramowania), określających wpływ wybranych zmian konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na kierowność i stateczność wojskowych pojazdów kołowych, tym samym na podniesienie bezpieczeństwa załóg.

Podstawę do realizacji zakresu badań symulacyjnych może stanowić własne lub komercyjne oprogramowanie komputerowe zbudowane na bazie opracowanych i zweryfikowanych eksperymentalnie modeli matematycznych ruchu i dynamiki pojazdów dwu- i wieloosiowych.

Dla prawidłowego toku prowadzenia badań eksperymentalnych, istotne jest zaplecze pomiarowe do realizacji badań eksperymentalnych oraz wykwalifikowany personel. Badania eksperymentalne powinny być prowadzone wg: unormowań międzynarodowych lub akredytowanych procedur badawczych.

#### **4. METODYKA OKREŚLANIA WYBRANYCH ZMIAN KONSTRUKCYJNYCH NA BEZPIECZEŃSTWO RUCHU WOJSKOWYCH POJAZDÓW KOŁOWYCH**

##### **4.1 Zebranie danych do modelu**

Uruchomienie procesu symulacji wymaga zgromadzenia odpowiedniej, wymaganej ilości danych. Jeśli prowadzone badania symulacyjne będą wykorzystywane do weryfikacji eksperymentalnej, do ich pozyskania niezbędne jest przeprowadzenie „pakietu” szeregu eksperymentów oraz szczegółowej analizy dokumentacji konstrukcyjnej. Wymaga ono przeprowadzenie wielu niezależnych eksperymentów badawczych. Niezwykle istotny na każdym etapie pozyskiwania danych do modelu jest, co należy podkreślić, dostęp do dokumentacji konstrukcyjnej, gdyż ogranicza ona liczbę niezbędnych eksperymentów, może stanowić element kontrolny oraz jest źródłem informacji. Proces pozyskiwania danych do modelu powinien obejmować pomiary wielkości liniowych i

masowych, w tym wyznaczenie momentów bezwładności (istnieje możliwość wykorzystania programów CAD/CAE). Ponadto za kluczowe uznaje się [1] określenie charakterystyk elementów sprężysto-tłumiących w układzie zawieszenia oraz parametrów koła ogumionego. Pakiet danych do modelu powinien zostać uzupełniony o charakterystyki układu kierowniczego i zwrotniczego. Istotne dla wykorzystania w modelach symulacyjnych dynamiki ruchu pojazdu jest określenie oporów ruchu pojazdu.

#### **4.2 Wybór modelu symulacyjnego**

Na tym etapie należy dobrać model symulacyjny, ewentualnie zmodyfikować, stosowanie do charakterystyki obiektu badań, model uniwersalny. Dobór modelu adekwatnego do obiektu badań, powinien zostać przeprowadzony w oparciu o jego strukturę: bryłę nadwozia, układ jezdy, układ zawieszenia oraz liczbę kół ogumionych. Dla różnych pojazdów opancerzonych zakłada się wykorzystanie modeli symulacyjnych o zbliżonym stopniu złożoności.

#### **4.3 Badania eksperymentalne**

Badania eksperymentalne mogą być prowadzone niezależnie (równolegle) od realizacji programu badań symulacyjnych. Ponadto mogą być prowadzone na etapie badań testowych, od których uzależnione jest wprowadzenie pojazdu do sił zbrojnych. Biorąc pod uwagę wspomniane determinanty wprowadzania nowego uzbrojenia, czyli czas oraz koszty, a także umożliwienie weryfikacji rozważań teoretycznych, badań symulacyjnych oraz ocenę z uwzględnieniem stawianych kryteriów, program badań eksperymentalnych powinien zawierać następujące testy:

- hamowanie prostoliniowe;
- intensywność rozpędzania;
- prędkość maksymalną;
- podwójną zmianę pasa ruchu;
- pokonywanie typowych przeszkód terenowych o określonych parametrach;

#### **4.4 Program badań symulacyjnych**

Zastosowanie zweryfikowanych modeli symulacyjnych umożliwi wydajne skrócenie czasu badań oraz wykonanie testów trudnych do realizacji na drodze eksperymentalnej ze względu na bezpieczeństwo załogi oraz niezbędny stopień ingerencji w konstrukcję pojazdu w celu instalacji aparatury pomiarowej. Stosowanie do zakresu wprowadzonych, w odniesieniu do podwozia bazowego, zmian konstrukcyjnych lub wymagań użytkownika, należy określić program badań symulacyjnych. Powinny być one zasadniczo prowadzone w oparciu o znormalizowane testy otwarte bądź zamknięte, nie wyklucza się doboru testów stricte do potrzeb określania specyficznych zmian konstrukcyjnych, np. najazdu na przeszkodę w celu określenia zmian jakościowych w układzie zawieszenia. Przy czym zakres testów powinien być możliwie szeroki. W badaniach symulacyjnych, o ile to konieczne, należy uwzględnić specyfikę pór roku, w odniesieniu do nawierzchni oraz oporów ruchu (toczenia, powietrza). Zaleca się uwzględnienie zakresu zmian konstrukcyjnych wybranych parametrów, w celu szerszego określenia ich wpływu na bezpieczeństwo (nieliniowy wpływ), w stosunku do jego rzeczywistej wartości.

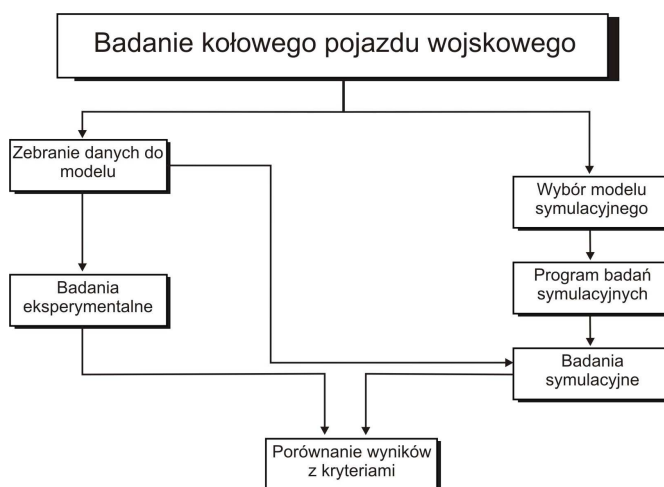
#### **4.5 Badania symulacyjne**

Etap polega na realizacji założonego programu badań oraz konfiguracji i gromadzeniu danych wyjściowych. Na tym etapie rezultaty badań mogą być przedstawiane w postaci zbiorów liczb, arkuszy, wykresów i animacji.

#### 4.6 Porównanie wyników z kryteriami

Wyniki badań symulacyjnych należy porównać z adekwatnymi rezultatami uzyskanymi dla pojazdu bez modyfikacji (bazowego). Należy je, w obu przypadkach, odnieść do istniejących unormowań międzynarodowych (ISO, AVTP itp.). Innymi kryteriami mogą być wymagania określone przez przyszłego użytkownika (gestora) – wymagania taktyczno-techniczne (wtt).

Poniżej na rys. przedstawiono schemat postępowania w trakcie realizacji metodyki.



Rys. 3. Schemat postępowania w metodyce określania wpływu wybranych zmian konstrukcyjnych na bezpieczeństwo ruchu wojskowych pojazdów kołowych

#### 5. WNIOSKI

1. Z informacji na temat zagrożeń w ruchu kołowych pojazdów wynika potrzeba opracowania metodyki badań.
2. Powinna ona umożliwiać ocenę wpływu zmian konstrukcyjnych wprowadzanych do pojazdów na ich bezpieczeństwo ruchu.
3. Metodyka powinna zawierać metody badań symulacyjnych oraz eksperymentalnych.
4. Dotychczas powstało niewiele opracowań traktujących stricte o problematyce dynamiki ruchu wojskowych pojazdów kołowych w aspekcie ich bezpieczeństwa. W głównej mierze dotyczyły one wpływu wybranej pojedynczej modyfikacji lub odnosiły się do pojazdów ogólnego przeznaczenia (bardzo niewiele opracowań dotyczy pojazdów opancerzonych).

#### 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Simiński P., Problematyka eksperymentalnego doboru danych do modelu samochodu patrolowo interwencyjnego. Teza Komisji Motoryzacji Polskiej Akademii Nauk

Oddział w Krakowie Zeszyt nr 33-34. Teza Komisji Motoryzacji Polskiej Akademii Nauk Oddział w Krakowie Zeszyt nr 33-34.

- [2] Simiński P. Zając M., Simulation model for testing wheeled armoured fighting vehicle, Journal of Kones Powertrain and Transport. Vol. 15 No. 3.
- [3] Simiński P. Problematyka badań dynamiki kołowych pojazdów specjalnych. Logistyka nr 4/2010.