

## WIELOOSIOWY POJAZD SPECJALNY W WARUNKACH OBCIĄŻENIA WYBUCHEM

Wacław BORKOWSKI, Piotr RYBAK,  
Zdzisław HRYCIÓW, Bogusław MICHAŁOWSKI \*

\* Katedra Pojazdów Mechanicznych i Transportu, Wydział Mechaniczny,  
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

[w.borkowski@wme.wat.edu.pl](mailto:w.borkowski@wme.wat.edu.pl), [p.rybak@wme.wat.edu.pl](mailto:p.rybak@wme.wat.edu.pl), [zhryciow@wat.edu.pl](mailto:zhryciow@wat.edu.pl), [b.michalowski@wme.wat.edu.pl](mailto:b.michalowski@wme.wat.edu.pl)

**Streszczenie:** W pracy opisano zagrożenia wieloosiowych pojazdów specjalnych w działaniach wojennych oraz w ramach misji pokojowych i stabilizacyjnych. Szczególną uwagę zwrócono na zagrożenia wynikające z tzw. naziemnej wojny minowej oraz z realizacji zadań patrolowo – interwencyjnych. Przedstawiono założenia przyjęte do budowy modelu matematycznego obiektu badań oraz modelu obciążenia wybuchem. Model obiektu badań zbudowano przy wykorzystaniu metody elementów skończonych. Modele zweryfikowano w oparciu o rezultaty własnych badań eksperymentalnych. Badania konstrukcji pojazdu specjalnego zrealizowano dla wybranych, najczęściej spotykanych przypadków oddziaływań improwizowanych ładunków wybuchowych. Zaprezentowana metodyka badań pozwala na wielowariantowe analizowanie konstrukcji nadwozi i struktur nośnych pojazdów specjalnych obciążonych oddziaływaniem powybuchowych fal uderzeniowych.

### 1. WPROWADZENIE

Pojazdy specjalne oprócz tego, że przewożą ludzi, broń oraz sprzęt, muszą mieć jeszcze dodatkowe cechy jak: zdolność poruszania się w terenie o najróżniejszych podłożach, pokonywać przeszkody wodne, posiadać wystarczającą siłę napędową, być solidnie i niezawodnie wykonane, aby wytrzymać najbardziej nieprzewidziane obciążenia występujące w czasie jazdy po nierównym terenie. Muszą one spełniać odpowiednie wymagania terenowe i charakteryzować się odpornością na następujące zagrożenia eksploatacyjne wynikające z:

- działania dużych i zmiennych pod względem kierunku i wartości sił bezwładności;
- oddziaływania obciążeń dynamicznych podczas jazdy z różnymi prędkościami, po drodze utwardzonej i w terenie (po drogach polnych, duktach leśnych, kamienistych drogach górskich);
- jazdy w dużym zapyleniu, wilgotności, w zróżnicowanych temperaturach, na różnych wysokościach;
- przejazdów przez przeszkody terenowe jak rowy, skały, zwalone drzewa, przeprawy przez prowizoryczne mosty oraz pokonywania brodów.

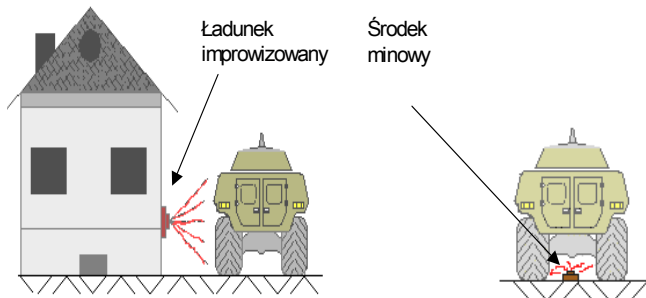
Wieloosiowe pojazdy specjalne (rys.1) mają określone zadania do realizacji szczególnie podczas działań bojowych oraz w ramach misji pokojowych lub stabilizacyjnych w warunkach ciągłego zagrożenia. W pracy główną uwagę skupiono na zagrożenia wynikające z tzw. naziemnej wojny minowej oraz z realizacji zadań patrolowo-interwencyjnych, gdzie zagrożeniem są niekonwencjonalne ładunki wybuchowe.



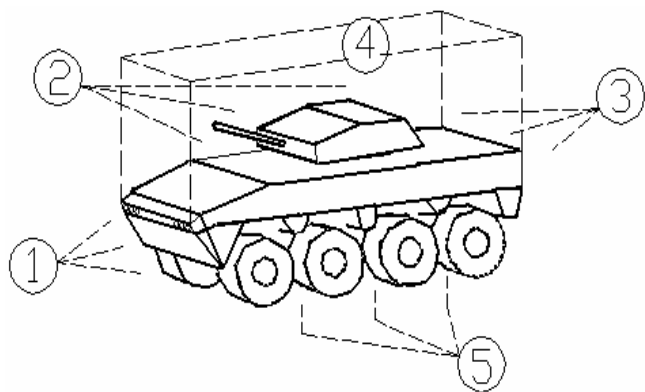
Rys. 1. Przykładowe, wieloosiowe pojazdy specjalne

Możliwe sposoby zaatakowania pojazdów podczas jazdy, w ramach realizacji zadań specjalnych, są następujące: rzucenie ładunku wybuchowego z mostu lub wiaduktu; rzucenie pod najeżdżający pojazd; umieszczenie w koleinie drogi i przykrycie warstwą ziemi; umieszczenie ładunku w krawężniku wzdłuż drogi

przejazdu; ukrycie ładunku w stosie ziemi, gruzu obok drogi; zabudowanie ładunku jako elementu domu; ostrzał bezpośredni z prowizorycznej wyrzutni. Niektóre z tych sposobów pokazano na rys. 2. Powyższe pokazuje, że pojazdy specjalne są narażone na niebezpieczeństwo w każdym z pokazanych na rys. 3 pięciu obszarów. Ładunki porażające mogą być aktywowane w sposób następujący: samoczynnie; po pewnym czasie; poprzez trącenie, zaczepienie, najechanie; poprzez sygnał radiowy; telefon komórkowy; trafienie pociskiem.



Rys. 2. Przykłady rozmieszczenia ładunków wybuchowych



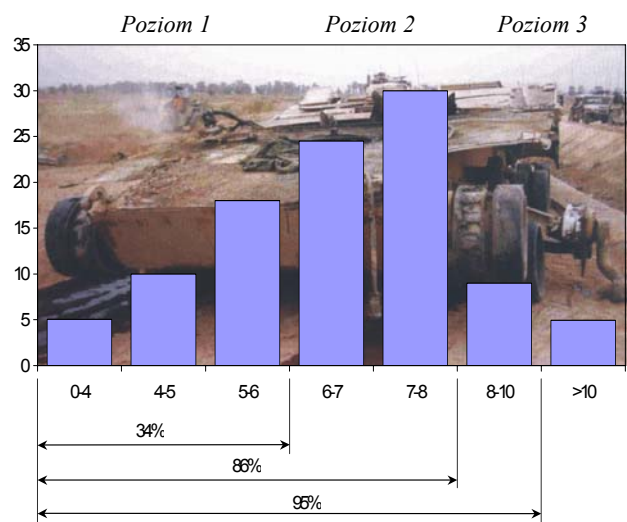
Rys. 3. Obszary zagrożeń dla pojazdów specjalnych

Na rys. 4. przedstawiono procentowe rozpowszechnienie środków minowych różnej mocy (na osi pionowej), na które narażone są pojazdy oraz masę zawartego w nich ładunku materiału wybuchowego (na osi poziomej). Nad schematem naniesiono, wymagane przez wprowadzany w życie STANAG 4569 NATO, poziomy zabezpieczenia przeciwminowego pojazdów, gdzie:

- poziom 1 – odporność na detonacje min zawierających do 6,5 kg materiału wybuchowego,
- poziom 2 – zabezpieczenie przeciwko minom do 8,5 kg materiału wybuchowego,
- poziom 3 – odporność na detonacje min zawierających do 10,5 kg materiału wybuchowego.

Poziom 3 gwarantuje przeżycie po najechaniu na 86% min świata, poziom 2 – zabezpiecza tylko przed 34%.

Na rys.5 pokazano skutek oddziaływania miny na pojazd wieloosiowy.



Rys. 4. Rozwój środków minowych  
 (Polska Zbrojna.26 Wrzesień 2004).



Rys. 5. Efekt oddziaływania miny na pojazd wieloosiowy  
 (<http://teyton.narod.ru/>)

Analiza skutków oddziaływania ładunków wybuchowych na pojazdy specjalne biorące udział w walkach oraz misjach w Czeczenii, w Strefie Gazy, Iraku i Afganistanie wskazuje, że najczęściej porażanymi są obszary drugi i piąty.

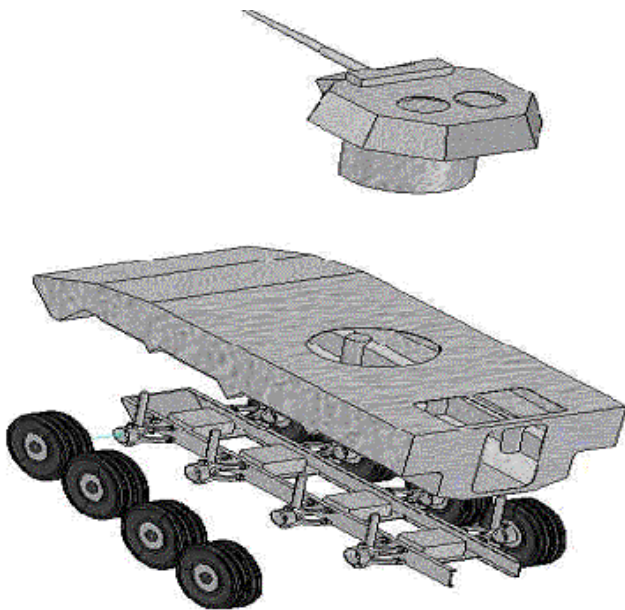
## 2. MODEL OBIEKTU BADAŃ

Model pojazdu wieloosiowego przyjętego do badań skutków oddziaływania wybuchu wzorowano na pojeździe, którego sylwetkę przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Wieloosiowy pojazd specjalny – obiekt badań

Przyjęto, że model obliczeniowy, ze względu na zasadniczy cel analizy, musi odzwierciedlać w sposób możliwie wierny wieżę, nadwozie samonośne, wspornik pośredni i układ jezdny. Model obiektu, składający się z kilku modeli częściowych przedstawia rys. 7. Opracowano go na podstawie dostępnych danych oraz wiedzy eksperckiej.

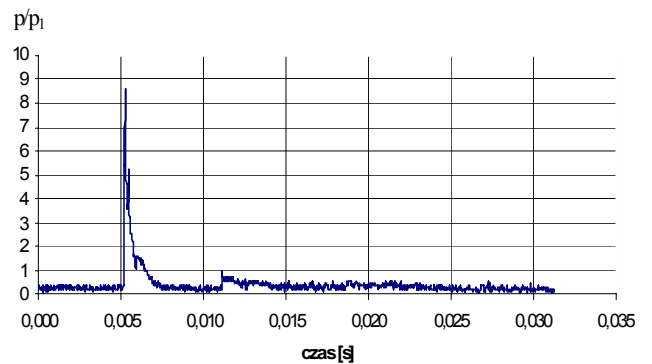


Rys. 7. Model obiektu badań

W pierwszym etapie badań modelowych rozwiązano zagadnienie na wartości własne. Rezultaty obliczeń (częstości i stowarzyszone z nimi postacie drgań własnych) odniesiono do wyników badań eksperymentalnych własnych oraz zawartych w literaturze dla tej klasy pojazdów, zarówno dla całego pojazdu jak i wybranych modeli częściowych. Uzyskano dobrą zgodność wyników.

## 3. MODEL OBCIĄŻENIA

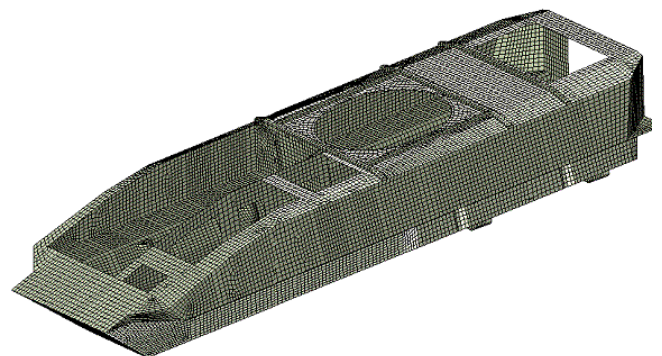
Model obciążenia opracowano przy założeniu, że wybuch ładunku będący źródłem pierwotnej fali uderzeniowej traktowany jest jako równoważny wybuch ładunku punktowego w nieograniczonej przestrzeni. Model zweryfikowano na podstawie wyników własnych badań eksperymentalnych. Na rys. 8 przedstawiono przykładową charakterystykę przestrzenno – czasową fali uderzeniowej określoną dla przypadku wybuchu improwizowanego ładunku wybuchowego o zadanej masie, umieszczonego w skarpie na wysokości kadłuba pojazdu. Przedstawione rezultaty mają charakter jakościowy.



Rys. 8. Charakterystyka przestrzenno – czasowa powybuchowej fali uderzeniowej ( $p$  – ciśnienie na froncie fali uderzeniowej,  $p_1$  – ciśnienie odniesienia)

## 4. BADANIA MODELOWE

Badaniom poddano, zasadniczy z punktu widzenia bezpieczeństwa ludzi biorących udział w misjach, kadłub pojazdu będący nadwoziem samonośnym. Stanowi ono osłonę dla kierowcy i desantu oraz bazę dla wszystkich zespołów oraz podzespołów pojazdu rozmieszczonych wewnątrz i na zewnątrz. Na rys. 9. przedstawiono model nadwozia z widocznymi zasadniczymi węzłami konstrukcyjnymi.

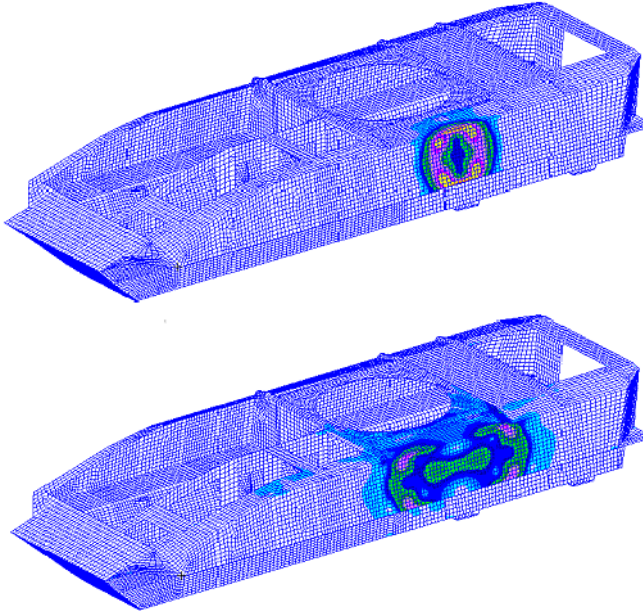


Rys. 9. Nadwozie samonośne pojazdu wieloosiowego.

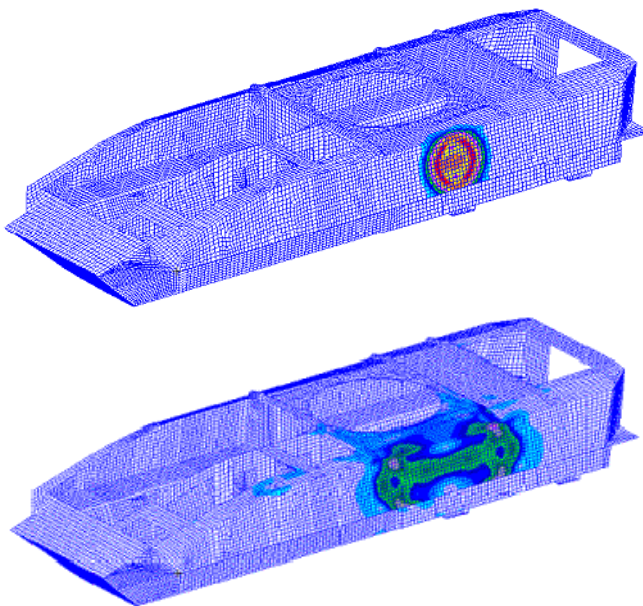
Badania modelowe obciążeń nadwozia wieloosiowego pojazdu specjalnego realizowano dla wybranych, najczęściej spotykanych przypadków oddziaływań improwizowanych ładunków wybuchowych. Ich rozmieszczenie, liczba, masa oraz rodzaj zastosowanego

materiału wybuchowego są w praktyce nieznane i trudne do wykrycia. Niektóre z rezultatów obliczeń (o charakterze jakościowym), dla hipotetycznego przypadku, przedstawiono na rysunkach.

Na rys. 10. zaprezentowano odkształcenia kadłuba, w wybranych chwilach czasu, powstałe w wyniku oddziaływania ładunku wybuchowego umieszczonego w pewnej wysokości nad powierzchnią ziemi, a na rys. 11. odpowiadające tym chwilom naprężenia w obszarze oddziaływania wybuchu.



Rys. 10. Odkształcenia elementów kadłuba w wybranych chwilach czasu



Rys. 11. Naprężenia w obszarze wybuchu w wybranych chwilach czasu

## 5. PODSUMOWANIE

Uzyskane z badań modelowych rezultaty potwierdzają możliwość i konieczność kształtowania odporności udarowej nadwozi pojazdów specjalnych poprzez odpowiedni dobór kształtu, wymiarów oraz parametrów ogólnego układu konstrukcyjnego.

Zaprezentowana metodyka badań pozwala na wielowariantowe analizowanie konstrukcji nadwozi i struktur nośnych różnych pojazdów na obciążenia udarowe oraz obiektów innych, które mogą być poddane oddziaływaniom o podobnym charakterze. Opracowana metodyka badań umożliwia:

- określenie rozkładów ciśnienia wzdłuż powierzchni badanej konstrukcji, stanowiących podstawę do wyznaczenia obciążeń konstrukcji,
- ocenę odporności udarowej nadwozi pojazdów oraz innych konstrukcji,
- szacowanie skutków oddziaływania udarów już na etapie projektowania lub modernizacji struktur nośnych pojazdów i innych obiektów technicznych,
- projektowanie lub modernizację struktur nośnych pojazdów o podwyższonej odporności udarowej.

## LITERATURA

1. Borkowski W., Rybak P. (2007): *Passive protection of special vehicles*, Journal of Kones Powertrain and Transport Vol. 14, No. 4, 59-68.
2. Polska Zbrojna.26 Wrzesień 2004.
3. <http://tewton.narod.ru/>

## MULTI-AXLE SPECIAL-PURPOSE VEHICLE IN BLAST LOAD CONDITIONS

**Abstract:** In the paper there were described threats to multi-axle special-purpose vehicles in combat environment as well as within the confines of peace and stabilization missions. Into particular account was taken threats resulting from either so-called ground mine war or realization of patrol and intervention tasks. There were presented assumptions accepted in the process of creating mathematical model of the object and also the model of the blast load. Both models were built using finite elements method. Verification was accomplished based on the results of our own experimental tests. Testing the model of the vehicle structure was realized for most often encountered cases of improvised explosives applications. Presented methodology of research empowers to multivariate analysis of body structure as well as carrier chassis of specialized vehicles under the influence of explosive shock wave loads.