



Zbigniew BARSZCZ, Krzysztof PODKOWSKI, Jarosław SEŃKO, Karol ZIELONKA

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA WOJSKOWEGO POJAZDU OPANCERZONEGO PODCZAS POKONYWANIA RÓŻNYCH PRZESZKÓD TERENOWYCH

Streszczenie

Artykuł dotyczy analiz numerycznych wpływu sił powstałych podczas ruchu wojskowego pojazdu opancerzonego na jego korpus oraz na połączenie korpusu z podwoziem. Celem pierwszej części pracy było określenie sił działających na kadłub pojazdu podczas pokonywania różnych przeszkód terenowych. Do wyznaczenia określonych wielkości posłużono się modelem komputerowym pojazdu opracowanym w programie DADS. Obliczenia wytrzymałościowe były wykonywane w programie MSC.FEA (MSC.PATRAN+MSC.NASTRAN).

Autorzy niniejszego opracowania posłużyli się wynikami uzyskanymi przez zespół badawczy WITPiS, na podstawie których i w oparciu o symulacje uzupełniające określili wartości sił w wybranych punktach kadłuba.

Celem pracy była także analiza numeryczna wpływu sił powstałych podczas ruchu pojazdu na korpus, oraz na połączenie korpusu z podwoziem. Podstawowe obliczenia wytrzymałościowe analizowanej konstrukcji transportera były wykonywane metodą elementów skończonych (MES) w zakresie statyki liniowej. Obliczenia te bazowały na powstałym na etapie konstrukcji modelu 3D korpusu transportera, na uprzednio zweryfikowanych danych materiałowych jak również na wcześniej określonych i zadanych obciążeniach wynikających z ruchu pojazdu.

WSTĘP

Praca związana jest z projektem, którego celem jest opracowanie nowej konstrukcji i wykonanie demonstratora technologii Ciężkiego Kołowego Transportera Pływającego (CKTP) o dużej ładowności, który będzie pojazdem bazowym dla typoszeregu aplikacji bojowych i logistycznych dla Sił Zbrojnych, Policji oraz Straży Pożarnej.

Korpus zasadniczy pojazdu wykonany będzie ze stali pancерnej z dodatkowym kompozytowym pancерzem przestrzennym. Podwozie bazowe będzie wyposażone w napęd 8 x 8 wysokiej mobilności, silnik o mocy około 600KM (maksymalny dostępny moment w granicach 2700Nm). Pojazd będzie miał DMC na poziomie 32 ton, przy ładowności 5 ton i przy zakładanym progu pływalności 26 ton i ma być szybszy na drogach utwardzonych od pojazdów gąsienicowych zachowując przy tym pływalność. Pojazd ma cechować wysoka mobilność, zdolność pokonywania różnych przeszkód terenowych (rowów, zapór pionowych), możliwość brodenia i pływania przy znacznej ładowności, którą dodatkowo będzie można zwiększyć demontując pancierz dodatkowy. Pojazd będzie miał możliwość

szybkiego poruszania się po bardzo zróżnicowanym terenie od dróg utwardzonych po przeszkody wodne.

1. ZAKRES PRACY

- Analiza opracowanej dokumentacji techniczno konstrukcyjnej kołowego transportera opancerzonego.
- Opracowanie modeli obliczeniowych transportera, w oparciu o otrzymany model 3D pojazdu.
- Określenie schematów obciążeń wynikających z analizy sił powstałych podczas ruchu i pokonywaniu różnych przeszkód terenowych przez transporter.
- Wstępne obliczenia numeryczne wytrzymałości korpusu i jego połączeń z podwoziem z wykorzystaniem MES, dla różnych zadanych wariantów obciążeń konstrukcji.
- Analiza wyników z obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji transportera.
- Kolejne obliczenia numeryczne uwzględniające wnioski i zmiany konstrukcyjne wynikające z analizy wstępnych obliczeń wytrzymałościowych.
- Opracowanie końcowe z pełnym opisem modelu obliczeniowego i przyjętych założeniach oraz analizą otrzymanych wyników z obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji kołowego transportera opancerzonego.

2. MODEL NOMINALNY POJAZDU

Podczas modelowania pojazdu typu kołowy transporter opancerzony posłużono się ogólnymi charakterystykami wyznaczonymi na obiektach rzeczywistych, którymi były elementy proponowane do montażu w modelowanym transporterze. Podstawowe elementy pojazdu jako układu mechanicznego to: sztywny kadłub posadowiony na ramie, silnik z układem napędowym oraz układ jezdny w postaci 8 kół jezdnych z niezależnym zawieszeniem w postaci wahacza górnego i dolnego oraz amortyzatora hydraulicznego i sprężyny.

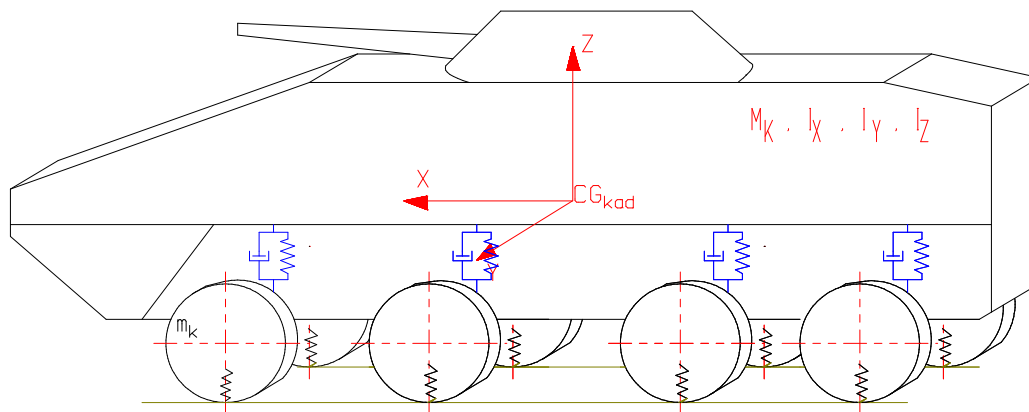
3. MODEL FIZYCZNY POJAZDU

W procesie budowy modelu fizycznego uwzględniono te cechy pojazdu, które mają decydujący wpływ na przebieg procesów dynamicznych i przenoszenie obciążeń pomiędzy elementami pojazdu. Na etapie tym pojazd zastąpiono równoważnym układem brył i punktów materialnych, uproszczono jego kształty, pominięto mało istotne oddziaływania, założono jednorodność materiału oraz pominięto odkształcalności (mas) elementów.

Opracowując model fizyczny pojazdu bojowego przyjęto następujące założenia:

- pojazd składa się z kadłuba, ośmiu kół jezdnych z piastami (z których dwa przednie z każdej strony pojazdu miały możliwość wykonywania skrętów), wahaczy górnych i dolnych oraz zwrotnic;
- zmiany masy poszczególnych brył, wynikające na przykład ze zużycia paliwa, są niewielkie, co pozwala przyjąć je jako stałe;
- nadwozie jest bryłą sztywną o znanej masie i masowych momentach bezwładności;
- elementy sprężyste oraz tłumiące są elementami bezmasowymi;
- pojazd wykonuje małe drgania wokół położenia równowagi statycznej.

Podczas modelowania przyjęto układ współrzędny związany ze środkiem ciężkości całego pojazdu przedstawiony na rys 1.



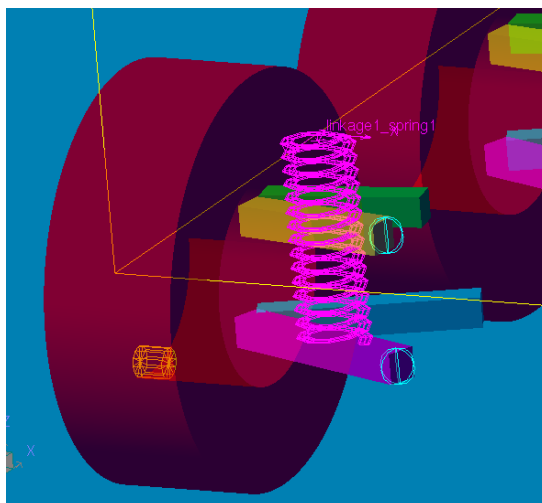
Rys. 1. Przyjęty układ współrzędnych modelu

4. WIĘZY, OGRANICZENIA I WYMUSZENIA MODELU

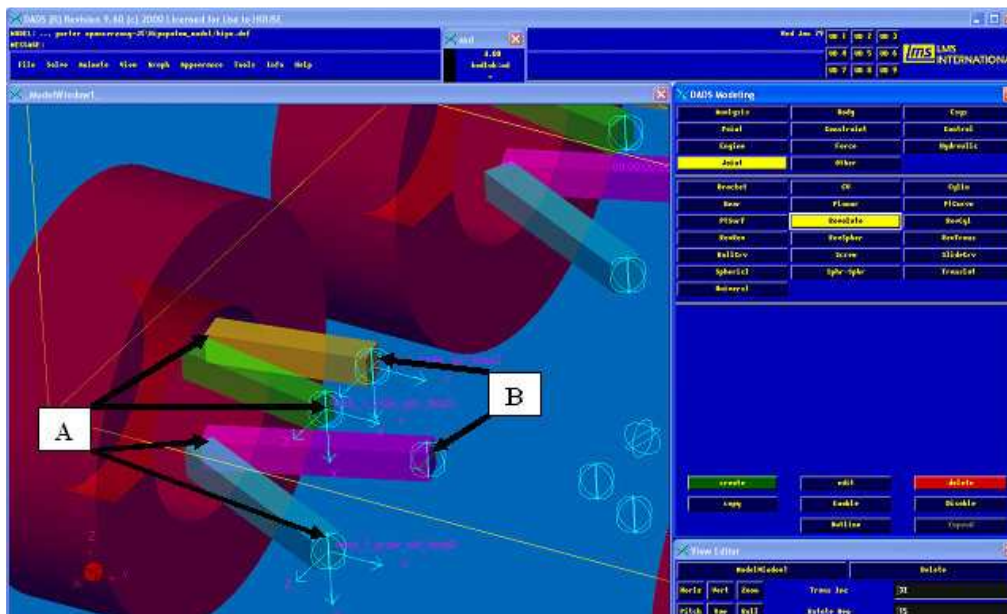
W modelu zostały uwzględnione wymuszenia:

- w postaci momentu obrotowego przykładanego do osi kół w celu wymuszenia przemieszczania się pojazdu z zadaną prędkością;
- w postaci przemieszczenia kąтового kół osi pierwszej i drugiej względem kadłuba mające na celu wywołanie manewru skrętu.

Na rys. 3 przedstawiono w zbliżeniu widok modelu zawieszenia koła (wraz z widocznymi wahaczami górnym i dolnym) stworzonego w programie DADS wraz z zaznaczonymi charakterystycznymi układami współrzędnych.



Rys. 2. Widok zamodelowanej sprężyny w zawieszeniu koła jezdnego



Rys. 3. Widok zawieszenia koła zamodelowanego w programie DADS

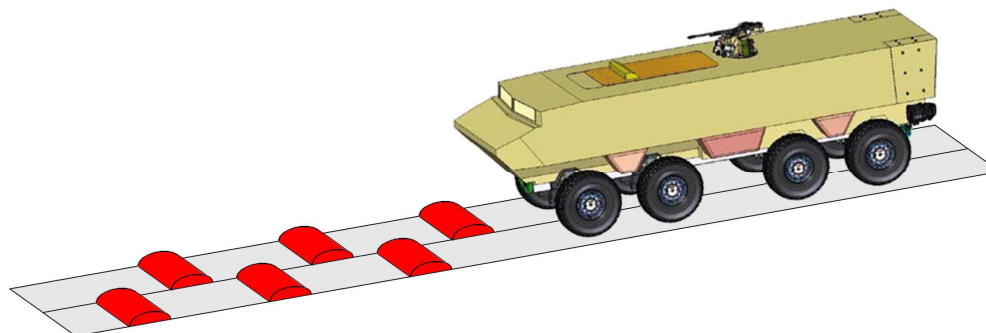
W celu wyznaczenia sił w charakterystycznych punktach (tj. punktach mocowania wahaczy do kadłuba oraz wahaczy z piastą koła) przyjęto odpowiednio:

- węzły A – trzy stopnie swobody (obrót wokół trzech lokalnych osi);
- węzły B – cztery stopnie swobody (obrót wokół trzech lokalnych osi oraz przemieszczenie wzdłuż osi Z lokalnego – związanego z nadwoziem pojazdu układu współrzędnych).

5. BADANIA SYMULACYJNE

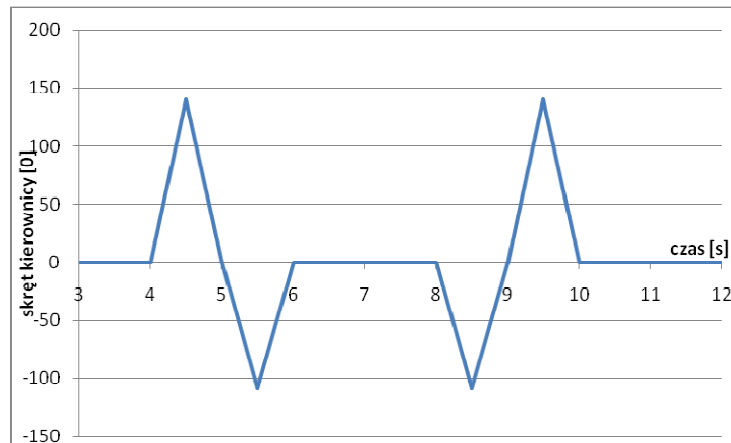
W trakcie badań symulacyjnych wykonano następujące próby:

- przejazd lewą stroną pojazdu po piachu (współczynnik oporu toczenia 0,3), a prawą stroną po asfalcie (współczynnik oporu 0,05) z prędkością 60 km/h.;
- zderzenie ze sztywną przeszkodą z prędkością ok. 45 km/h (wsp. restytucji 0,2);
- przejazd z przechyłem na lewą stronę (skarpa o 0,8 m niższa z lewej strony) - przechylenie przyjęte na podstawie normy PN-V-80000;
- przejazd na przemian lewą i prawą stroną przez półokrągłe przeszkody o wysokości 0,25 m i długości u podstawy 0,8 m z prędkością 40km/h – półokrągłe muldy przyjęte na podstawie publikacji NATO – AVTP 03-170;



Rys. 4. Model drogi dla przypadku przejazdu przez muldy

- manewr podwójnej zmiany pasa ruchu z prędkością 45 km/h;

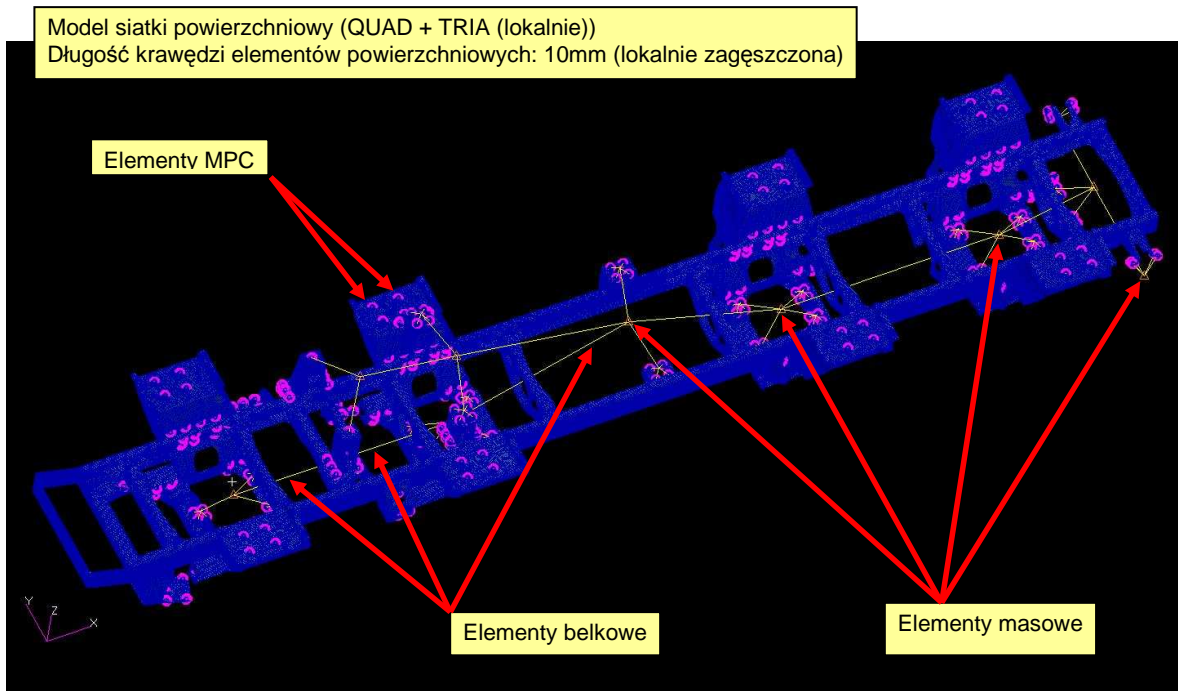


Rys. 5. Kąt skrętu kierownicy w funkcji czasu dla manewru podwójnej zmiany pasa ruchu przejazd z opuszczonym drugim kołem (symulowane uszkodzenie koła) z prędkością 40 km/h.

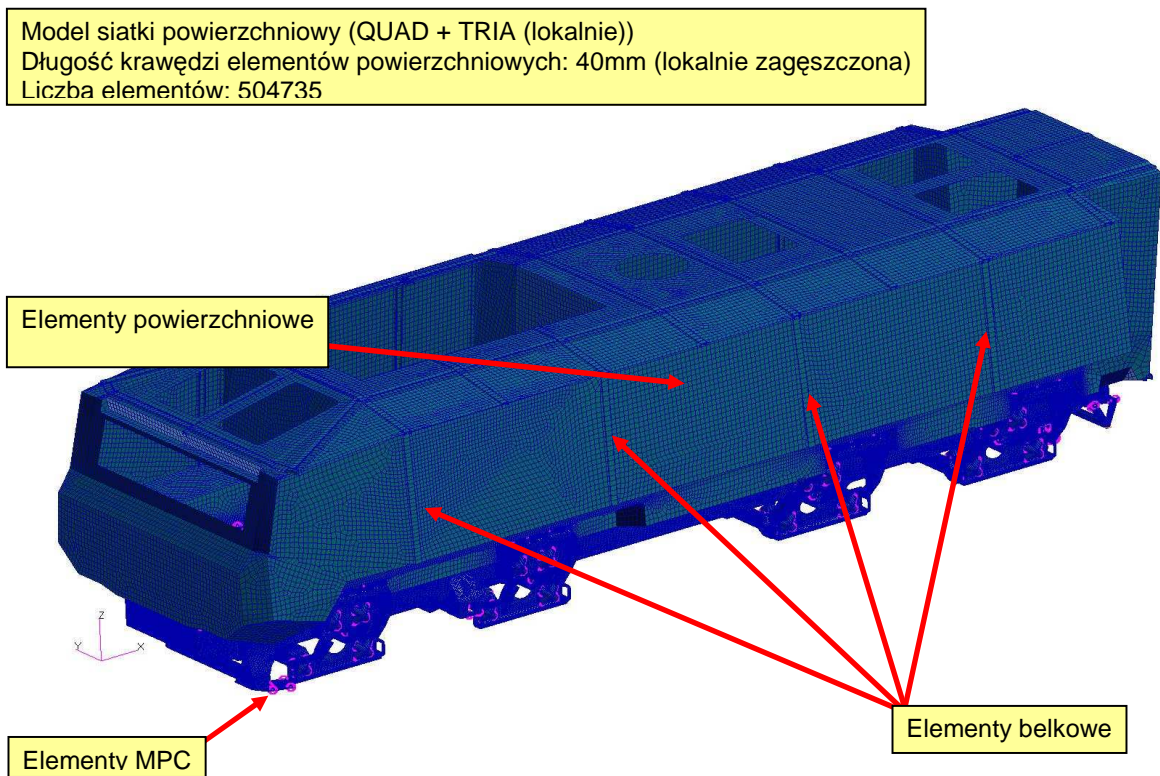
Przebiegi czasowe wartości sił dla każdego z punktów mocowania wahaczy (trzy składowe) i wartości sił w amortyzatorach - łącznie 104 wartości dla każdej symulacji - oraz w celach porównawczych położenie, prędkość i przyspieszenia środka ciężkości pojazdu (dodatkowo 9 wartości dla każdej symulacji) zostały zestawione w plikach Excela. Wartości parametrów zostały podane dla układu współrzędnych przyjętego w programie MES (tj. obróconym w stosunku od układu przedstawionego na rys. 1 o 180 stopni wokół osi Z).

6. ANALIZA NUMERYCZNA MES - OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE (PATRAN/NASTRAN)

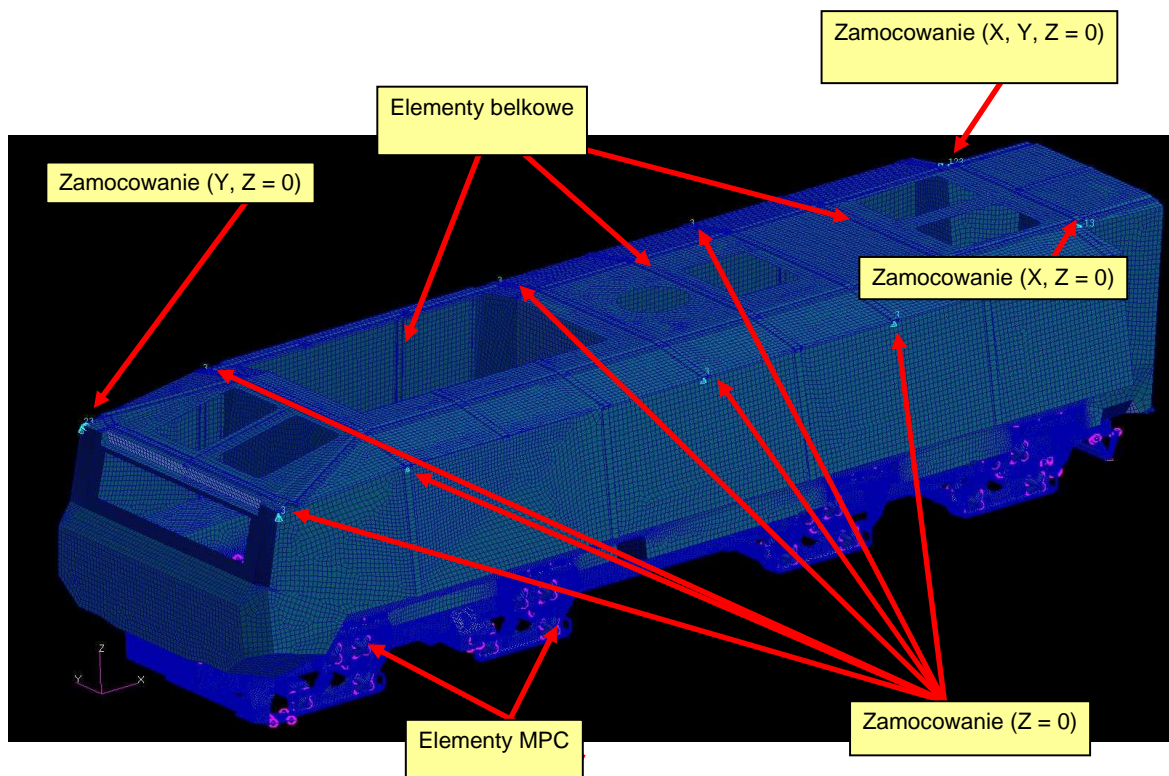
Analiza została przygotowana w programie MSC.FEA (MSC.PATRAN + MSC.NASTRAN). Przyjęto model siatki jako powierzchniowy – elementy prostokątne i trójkątne (lokalnie). Średnia długość krawędzi elementu dla siatki w ramie podwozia to 10mm. Średnia długość krawędzi elementu dla siatki w korpusie to 40mm. Siatka jest lokalnie zagęszczona. Całkowita liczba elementów to 504735. W celu zamodelowania kątowników i wzmocnień użyto elementów belkowych o określonych profilach. Elementy o znacznej masie zamodelowano elementami masowymi i połączono ze strukturą poprzez elementy belkowe typu „dummy”.



Rys. 6. Widok modelu MES utworzonego w programie PATRAN (rama)



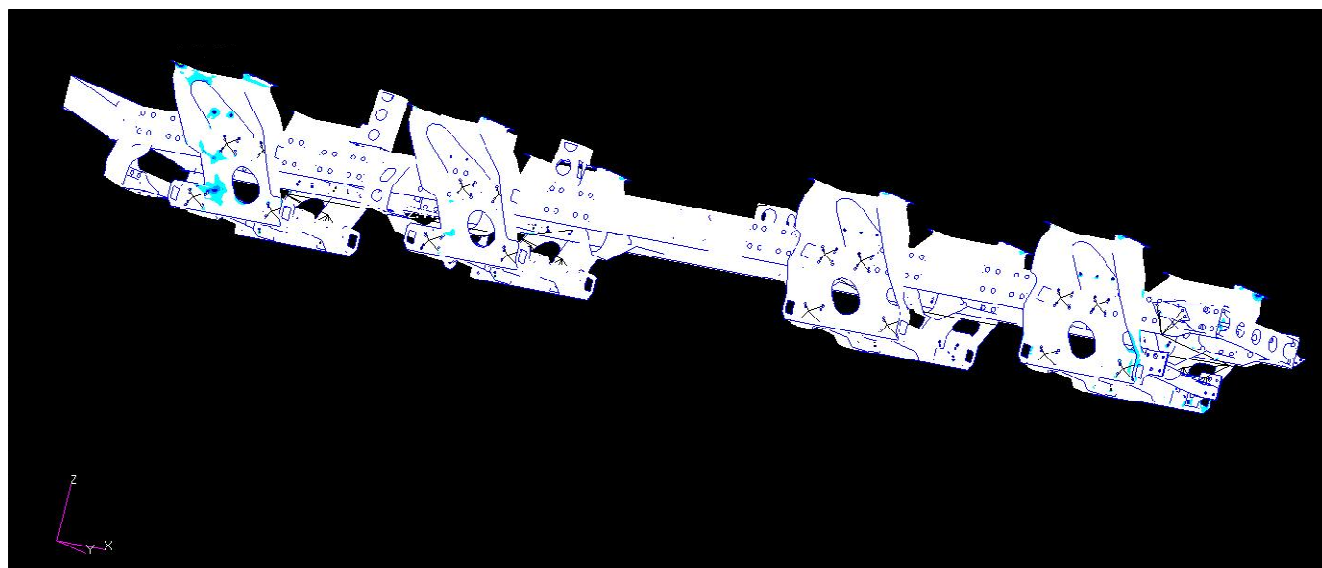
Rys. 7. Widok modelu MES utworzonego w programie PATRAN (korpus + rama)



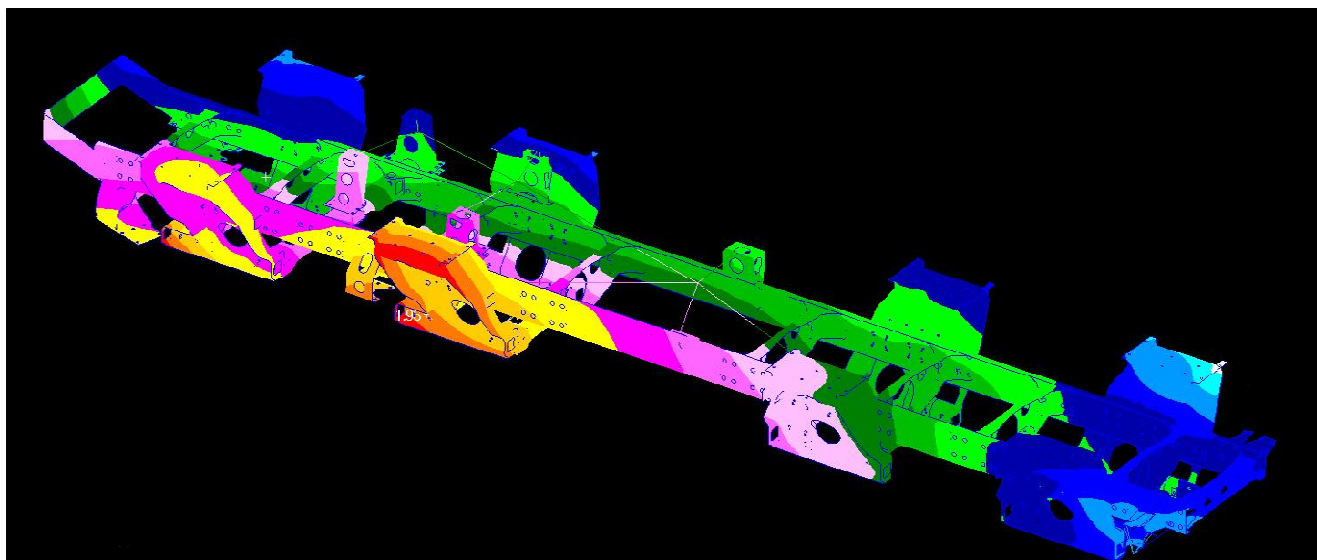
Rys. 8. Widok modelu MES utworzonego w programie PATRAN (warunki brzegowe)

7. PRZYKŁADOWE WYNIKI

Wyniki dla przejazdu na przemian lewą i prawą stroną przez półokrągłe przeszkody o wysokości 0,25 m i długości u podstawy 0,8 m z prędkością 40km/h – półokrągłe muldy przyjęte na podstawie publikacji NATO – AVTP 03-170;



Rys. 9. Naprężenia występujące w ramie pojazdu – przejazd przez półokrągłe przeszkody (muldy)



Rys. 10. Odształcenia w ramie pojazdu – przejazd przez półokrągłe przeszkody (muldy)

PODSUMOWANIE

Przyjęte do modelowania pojazdu wartości poszczególnych parametrów oraz przebieg charakterystyk umożliwiły opracowanie modelu z maksymalnie możliwym odwzorowaniem rzeczywistości.

Uzyskane wyniki badań symulacyjnych w programie DADS, dla przyjętych wymuszeń, wykazały wpływ zmiany określonych parametrów ruchu na wybrane wielkości wyjściowe, takie jak wartości obciążeń w miejscu mocowania wahacza dolnego i górnego do kadłuba, wartość sił w sprężynach oraz wartości przyspieszeń pionowych środka masy pojazdu.

Uzyskane wartości ww. parametrów umożliwiają ich implementację do programów typu MES umożliwiając prowadzenie obliczeń wytrzymałościowych kadłuba przy przyjętych wymuszeniach od podłoża. Otrzymane wyniki obliczeń wytrzymałościowych wskazują, rejonu konstrukcji, na które w trakcie prób eksploatacyjnych należy zwrócić uwagę.

**Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2012
jako projekt rozwojowy**

STRENGTH ANALYSIS OF THE MILITARY ARMORED VEHICLE DURING MOVE IN DIFFERENT OVERCOMING OBSTACLES

Abstract

The article concerns the numerical analyzes the impact forces generated during the movement of military armored vehicle on his body, and to connect the body to the chassis. The first part of the study was to determine the forces acting on the hull of the vehicle when overcome various obstacles. To determine the specific size were used vehicle computer model developed in the DADS. Strength calculations were performed in the MSC.FEA (MSC.PATRAN + MSC.Nastran).

The authors of this study used the results obtained by the research team WITPiS under which based on simulations and determined the value of additional forces in selected areas of the hull.

The aim of the study was the analysis of the numerical impact of the forces generated during the movement of the vehicle to the body, and to connect the body to the chassis. The basic structure of the

analyzed strength calculations were performed by finite element method (FEM) for linear statics. These calculations were based on the resulting 3D model constructed during designing process, the material previously verified data as well as pre-defined and selected under the load of a vehicle.

BIBLIOGRAFIA

1. Borkowski W., Konopka S., Prochowski L.: *Dynamika maszyn*. WNT. Warszawa 1996.
2. Cannon R. H.: *Dynamika układów fizycznych*. WNT. Warszawa 1973.
3. Żółtowski B.: *Badania dynamiki maszyn*. Wyd. Markar-BZ. Bydgoszcz 2002.

Autorzy:

Dr inż. Zbigniew BARSZCZ– Przemysłowy Instytut Motoryzacji

Mgr inż. Krzysztof PODKOWSKI– Przemysłowy Instytut Motoryzacji

Dr inż. Jarosław SEŃKO– Politechnika Warszawska, Instytut Pojazdów

Mgr inż. Karol ZIELONKA– Przemysłowy Instytut Motoryzacji