

Wiesław **BARNAT**

NUMERYCZNA ANALIZA WPLYWU RODZAJU KADŁUBA NA DYNAMIKĘ POJAZDU GĄSIENICOWEGO NA PRZYKŁADZIE BWP I LEKKIEGO POJAZDU OPANCERZONEGO WOJSK AEROMOBILNYCH

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono metodykę tworzenia modelu kadłuba pojazdu gąsienicowego BWP dla rozwiązania zagadnienia drgań. Model posłużył do określenia postaci i częstości drgań własnych płyt tworzących kadłub pojazdu gąsienicowego. Obliczenia i analizy przeprowadzono przy wykorzystaniu oprogramowania NASTRAN. Uzyskane wyniki posłużyły do zaproponowania kierunków optymalizacji kadłuba rozważanego pojazdu gąsienicowego.

1. WSTĘP

Konstruowanie współczesnych pojazdów mechanicznych ze względu na ogromny postęp technik obliczeniowych staje się ostatnimi czasy procesem ułatwionym. Jednym z ważnych kierunków prac konstrukcyjnych nad pojazdami wojskowymi jest ciągła analiza możliwości minimalizacji oddziaływań dynamicznych na ładunek, uzbrojenie a przede wszystkim na załogę [5, 6, 7]. Mają one także znaczny wpływ na emitowany hałas, wytrzymałość zmęczeniową, mobilność i stabilność konstrukcji [9]. Problem staje się coraz bardziej istotny wobec ciągłej konieczności zwiększania prędkości jazdy wozów bojowych, szczególnie w trudnych warunkach terenowych.

Oddziaływania dynamiczne wywołujące przyspieszenia, przekraczające wartość przyspieszenia ziemskiego, mogą doprowadzić u ludzi do uszkodzeń ciała wskutek uderzeń o kadłub i wyposażenie pojazdu.

Niezbędnym, pierwszym krokiem w kierunku poznania oddziaływań dynamicznych jest znajomość przebiegu drgań własnych poszczególnych zespołów i części składowych pojazdów. Znajomość ta pozwoli na określenie bezpiecznego zakresu oddziaływań mechanicznych na pojazd. Ponadto sprawdzenie modelu pojazdu pod względem częstotliwości drgań pozwoli na pełną weryfikację modelu numerycznego pod kątem „wolnych” elementów i części modelu.

2. CEL I OBIEKT BADAŃ

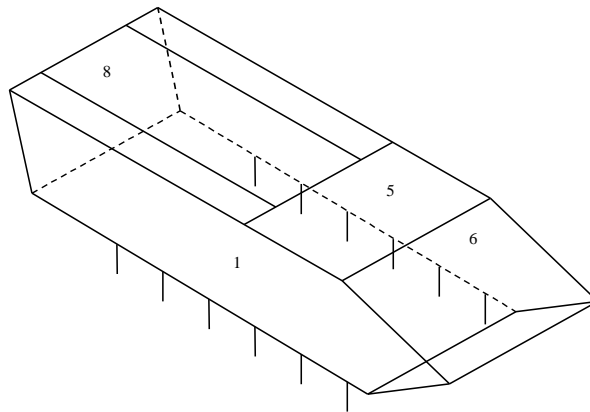
Artykuł ma na celu zobrazowanie metodyki budowania modelu dyskretnego kadłuba gąsienicowego pojazdu na przykładzie BWP i lekkiego pojazdu dla wojsk powietrzno-desantowych wozu bojowego i określenie częstości i postaci drgań własnych płyt składowych pojazdu w systemie NASTRAN.

Za obiekt badań przyjęto bojowy wóz piechoty BWP-1 (oznaczany również jako BMP-765), oraz lekki pojazd gąsienicowy dla wojsk powietrzno-desantowych [3], a dokładniej rzecz ujmując ich kadłuby wraz z głównymi masami skupionymi. Kadłuby współczesnych pojazdów gąsienicowych są konstrukcjami zamkniętymi składającymi się z szeregu walcowanych stalowych płyt pancernych połączonych za pomocą spawania [18, 19]. W kadłubie BWP-1 możemy wyróżnić pięć przedziałów: kierowania, dowodzenia, bojowy, napędowy, desantowy. Charakterystyczną cechą kadłuba tego pojazdu jest bardzo duże nachylenie płyt czołowych pancerza. W kadłubie wykonano szereg otworów, z których większość zamykana jest pokrywami przeważnie wykonanymi ze stopów lekkich. W przypadku PWA (Pojazdu Wojsk Aeromobilnych) wyróżniamy trzy przedziały: napędowy, kierowania i bojowy.

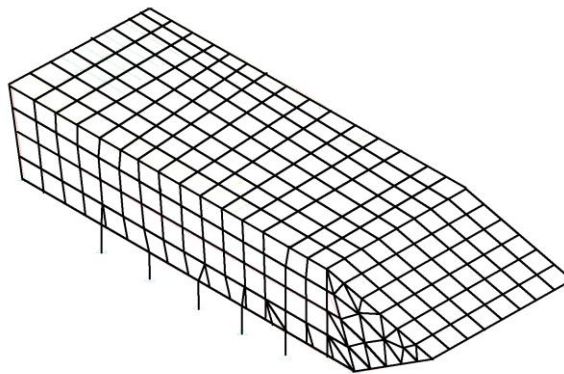
3. UPROSZCZONY MODEL BWP

Jednym z etapów pracy było opracowanie uproszczonego modelu pojazdu zwanego „pudełkowym”. Jest to prosty model kadłuba pojazdu zawierający w sumie 10 części składowych. Model ten (przedstawiony na Rys. 1 i 2) składa się z płyt, które nie zawierają otworów technologicznych. W modelu tym pominięto masy skupione, które symulowałyby silnik zbiorniki paliwa itp. Wyniki uzyskane z analizy tego modelu posłużyły do porównania z wynikami uzyskanymi dla pełnego modelu kadłuba.

W modelu tym zawieszenie zostało odwzorowane za pomocą elementów sprężystych, które dodatkowo uwzględniają współczynnik tłumienia oraz przesunięcie wałków skrętnych. Współczynniki tłumienia i sztywności elementów sprężystych nie mają większego wpływu na postać drgań kadłuba. Współczynniki te mogą być wykorzystywane podczas analizy ruchów sztywnych kadłuba.



Rys. 1. Zarys modelu „pudełkowego”



Rys. 2. Sposób dyskretyzacji modelu uproszczonego

4. TWORZENIE MODELU DYSKRETNEGO

Podczas prac związanych z konstrukcją kadłuba pancernego wykorzystano pakiet MSC Nastran dla Windows. MSC Nastran jest programem elementów skończonych do analizy naprężeń, drgań i przewodnictwa ciepła dla struktur oraz części mechanicznych.

Umożliwia on:

- tworzenie modelu geometrycznego konstrukcji lub jego import z innych programów wykorzystujących MES lub CAD;
- graficzną weryfikację postępu prac na każdym etapie procesu modelowania;

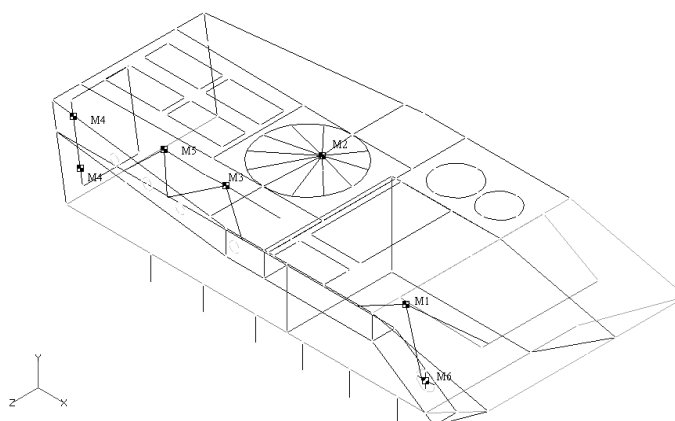
- podgląd wyników analizy dzięki wykorzystaniu narzędzi wizualizacji (warstwice naprężeń, deformacje geometrii, animacje);
- pełną wymianę danych z programami pracującymi w środowisku *Windows*.

Proces tworzenia modelu w *MSC/Nastran*: składa się z:

- tworzenia geometrii obiektu badań,
- zadeklarowania własności materiału i elementu;
- dyskretyzacji modelu na węzły i elementy;
- określenia obciążeń i więzów podporowych.

Do wygenerowania modelu kadłuba pojazdu zdecydowano się na użycie elementów typu płytowego. Dla uproszczenia procesu dyskretyzacji kadłub BWP został podzielony na 19 części składowych typu płytowego oraz 6 elementów masowych. W modelu starano się jak najdokładniej oddać geometrię kadłuba, uwzględniając także największe otwory wykonane w płytach kadłuba.

Zastosowano elementy skończone typu płytowego (Plate) o standardowych stałych materiałowych odpowiednio dla stali, stopów aluminium oraz tworzywa sztucznego, przyjętych na podstawie dostępnej literatury [17]. Grubości płyt zostały dobrane na podstawie dostępnej literatury [19] i pomiarów. Dodatkowo przy pomocy elementów typu masowego (Mass), opisanych w Tabelicy 2, modelowano układ przeniesienia mocy, zbiorniki paliwa, akumulatory itd. Elementy sztywne (Rigid) posłużyły do połączenia mas skupionych z kadłubem. Zawieszenie pojazdu modelowano elementami sprężystymi (Spring).



Rys.3. Geometria modelu; na uwagę zwraca umieszczenie elementów masowych zastępujących główne części pojazdu

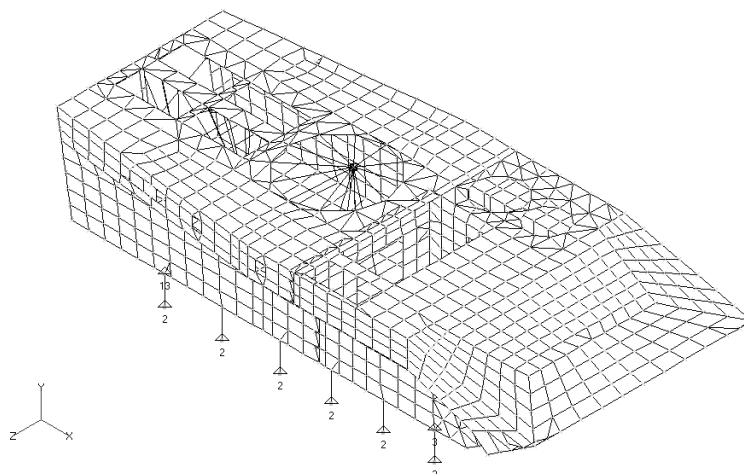
Tablica 1. Dane elementów masowych uwzględnionych w modelu dyskretnym kadłuba

Numer elementu masowego	Nazwa	Masa [kg]
M1	Zespół napędowy	1236
M2	Wieża z armatą	332
M3	Zbiornik główny paliwa	300
M4	Dodatkowe zbiorniki paliwa	2x155
M5	Akumulatory	120
M6	Przekładnie boczne	137

Tablica 2. Numery, nazwy i grubości płyt składowych modelu kadłuba BWP-1.[19]

Lp.	Nazwa części składowej modelu dyskretnego.	Przyjęta grubość części [m]	Dane części po dyskretyzacji.	
			Liczba węzłów	Liczba elementów skończonych
1	plyta denna	0.02	153	128
2	plyta stropowa	0.006 – 0.016	345	352
3	plyta przednia górna	0.007 – 0.012 (stal, stop Al.)	191	166
4	plyta przednia dolna	0.019	101	80
5	plyta tylna	0.016	83	57
6	plyta lewej burty	0.018	176	160
7	plyta prawej burty	0.018	176	160
8	plyty przedziału silnikowego (x2)	0.02 (tw.sztuczne)	191	173
9	część A prawego błotnika	0.018	30	18
10	część B prawego błotnika	0.018	40	27
11	część C prawego błotnika	0.018	70	42
12	część D prawego błotnika	0.018	68	45
13	część E prawego błotnika	0.018	93	67
14	część A lewego błotnika	0.018	30	18
15	część B lewego błotnika	0.018	40	27
16	część C lewego błotnika	0.018	70	42
17	część D lewego błotnika	0.018	68	45
18	część E lewego błotnika	0.018	93	67

Modelowanie kolejnych płyt składowych polegało na utworzeniu ich geometrii i podziale na elementy.



Rys.4. Model dyskretny kadłuba pojazdu. Ze względu na pierwsze „odzywanie się” taśm gąsienicowych podczas analizy drgań gąsienicowy układ jezdny zastąpiono podporami sprężynowymi

W wyniku połączenia części składowych otrzymano model dyskretny całego kadłuba BWP-1 składający się z: 1784 elementów skończonych i 1655 węzłów, co daje 10704 stopnie swobody (Rys 4).

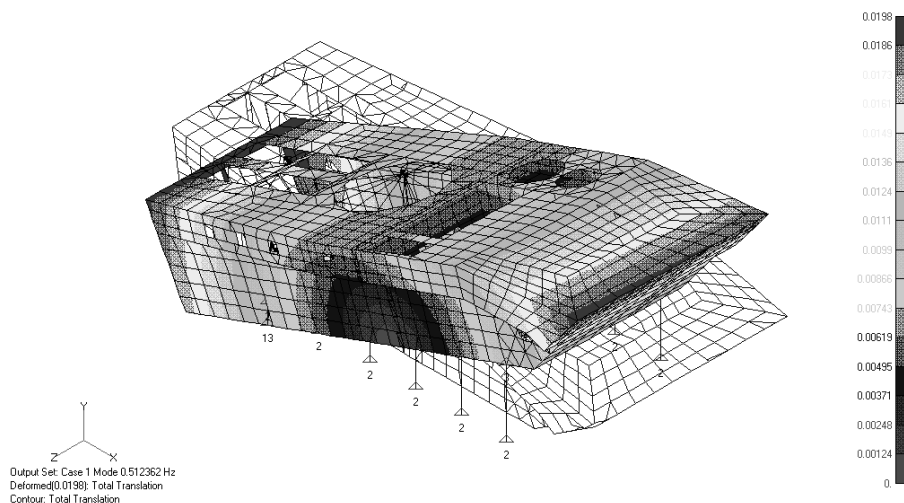
Dodatkowo uzyskano dane masowe modelu wyliczone dzięki funkcji Check (Mass Properties):

```
Total Mass=      8702.714   X= 3.232158   Y= 0.519401   Z=1.436641
Inertias about CSys 0           Inertias about C.G. in CSys 0
Ixx=27853.58   Ixy=14511.01   Ixx= 7543.941   Ixy= -98.97326
Iyy=142741.8   Iyz=6435.529   Iyy= 33864.06   Iyz= -58.36583
Izz=122719.5   Izx=40596.32   Izz= 29455.82   Izx= 185.7099
Total Length (Line Elements only) =          4.44
Total Area (Area Elements only) =          50.55304
Total Volume (All Elements) =          0.858239
```

Dane te pozwalają na sprawdzenie poprawności wykonania modelu numerycznego pojazdu.

5. WYNIKI ANALIZY MODELU POJAZDU BWP

Analizę drgań własnych modelu dyskretnego kadłuba BWP przeprowadzono w paśmie częstotliwości 0 – 112 Hz. Górna granica była zbliżona wartością do największej obliczonej częstotliwości dla płyty swobodnie podpartej. Otrzymano łącznie 82 postaci drgań.



Rys.5. Jedna z pierwszych częstotliwości drgań własnych kadłuba – ruch sztywny

Trzy pierwsze częstotliwości odnoszą się do ruchów sztywnych konstrukcji (Rys. 5). Dla $f_1=0.51\text{Hz}$ ruchy kątowe kadłuba odbywają się w płaszczyźnie Oxy, kolejne dwie $f_2=1.25\text{Hz}$ i $f_3=1.29\text{Hz}$ odnoszą się do ruchu złożonego (wzdłuż osi Oy oraz kąтового w płaszczyźnie Oyz).

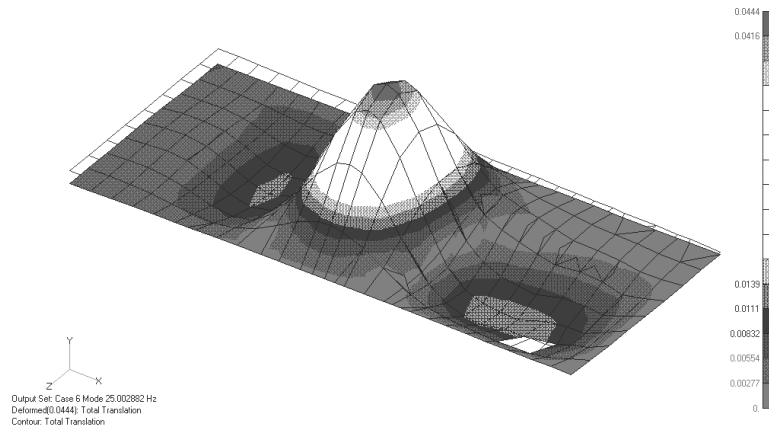
Pierwsza częstotliwość drgań własnych płyty kadłuba $f_4=22.11\text{ Hz}$ odnosi się do drgania przegrody silnikowej wzdłużnej.

Jeśli chodzi o drgania płyty dna to dominujące drgania dla całej konstrukcji stwierdzono na tej płycie dla dwóch częstotliwości: $f_6=25.0\text{ Hz}$ (Rys. 6) oraz $f_{18}=43.4\text{ Hz}$.

Oprócz tego stwierdzono deformacje płyty dennej w następujących pasmach częstotliwości:

- (50.71 – 57.26) Hz
- (61.28 – 64.87) Hz;
- (67.98 – 69.26) Hz;
- (82.46 – 84.34) Hz;
- (94.67 – 103.10) Hz;

Po obserwacji kolejnych postaci drgań płyty dennej, stwierdzono, iż dla pierwszych 36 postaci największe deformacje powstają na części przedniej płyty (wyjątek stanowi $f_6=25.0$ Hz, przy której przypadają one na środkową część dna).



Rys.6. Postać drgań płyt dennej modelu kadłuba dla $f=25$ Hz

W porównaniu z wcześniej badanymi postaciami drgań płyty dennej, zauważyć można znaczne zniekształcenie kolejnych postaci drgań, które nie są już możliwe do zidentyfikowania.

Dla płyty stropowej stwierdzono dominujące drgania w badanym paśmie dla 28 postaci. Można odnaleźć pasma częstotliwości, w których dominują drgania stropu:

- (25.00 – 30.86) Hz;
- (49.73 – 55.20) Hz;
- (69.26 – 72.32) Hz;
- (80.37 – 87.08) Hz;
- (108.34 – 111.50) Hz.

Dla płyty dziobowej górnej stwierdzono dominujące drgania dla całej konstrukcji w sześciu postaciach. Pasma częstotliwości, w których dominują drgania tej płyty:

- (23.95 – 30.13) Hz;
- (40.32 – 43.35) Hz;
- (49.73 – 54.38) Hz;
- (57.26 – 64.87) Hz;
- (67.22 – 72.17) Hz;
- (89.89 – 92.24) Hz;
- (103.10 – 105.84) Hz.

W całym badanym przedziale częstotliwości stwierdzono 38 postaci drgań płyty lub płyt przedziału silnikowego, przy których drgania tej części konstrukcji dominują. Pasma częstotliwości, w których stwierdzono drgania przegród silnikowych:

- (31.44 – 35.22) Hz;
- (60.14 – 67.98) Hz;
- (74.08 – 78.91) Hz;
- (86.06 – 87.61) Hz;
- (98.96 – 106.97) Hz.

Podjęto także próbę określenia postaci ogólnych dla całej konstrukcji, czyli takich, przy których drgają wszystkie lub większość jej płyt. Po obserwacji kolejnych postaci drgań, za ogólne postanowiono uznać:

$f_{15}=40.3$ Hz, dla której stwierdzono deformacje lewego boku kadłuba;

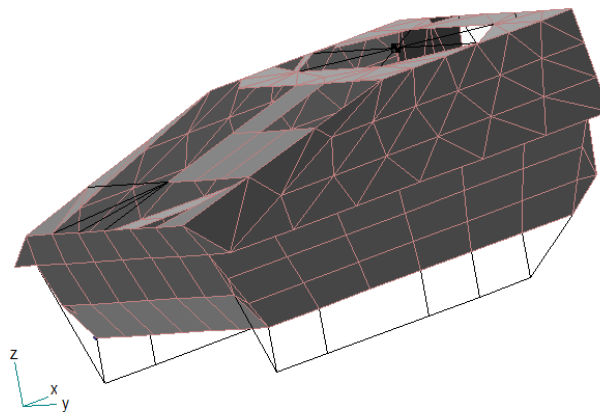
$f_{16}=41.6$ Hz, dla której stwierdzono deformacje prawego boku kadłuba;

pasmo częstotliwości (53.9 – 55.6) Hz, w którym drga większość płyt tworzących konstrukcję;

$f_{41}=68.0$ Hz, dla której stwierdzono również drgania płyty burtowej wokół prawej PB;

$f_{42}=69.3$ Hz, dla której stwierdzono również drgania płyt burtowych wokół obu PB.

6. MODEL UPROSZCZONY KADŁUBA POJAZDU PWA

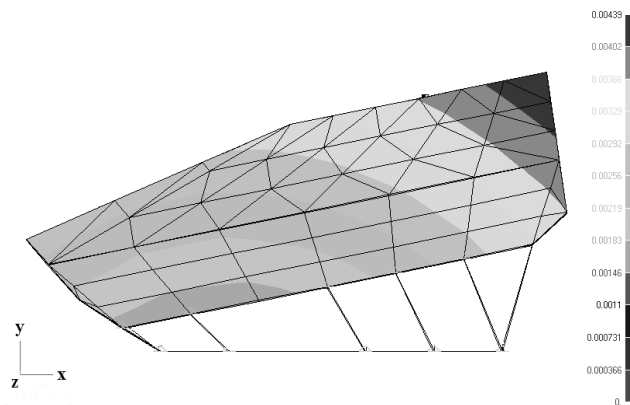


Rys. 7. Uproszczony 3D model kadłuba projektowanego pojazdu

Podobnie jak model BWP przygotowano model PWA. Model uproszczony pokazano na rysunku 7. Zamodelowano również elementy sprężyste zawieszenia, uwzględniające tłumienie amortyzatorów. Model składał się z: 241 węzłów, 305 elementów (w tym 275 powłokowych, 20 prętowych, 10 prętowych skrętno-tłumiących); zawiera 2 rodzaje materiałów konstrukcyjnych i 11 rodzajów właściwości. Zastosowano więzy podporowe symulujące sposób podparcia pojazdu wyposażonego w gąsienicowy układ jezdny. Uwzględniono wpływ wieży i jej zamocowanie w kadłubie.

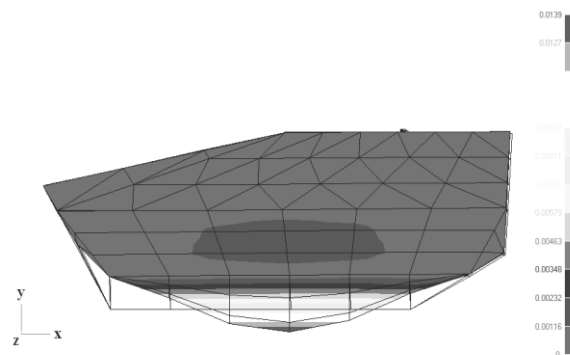
Metody obliczania drgań własnych w MSC/NASTRAN mogą być również zastosowane do analizy modeli swobodnych, np. obiektów latających. W modelach takich występują postaci drgań odpowiadające ruchom bryły sztywnej, nie wywołujące naprężeń w konstrukcji.

Wykonano analizę drgań własnych konstrukcji kadłuba. Analizowano dwa warianty modelu: z „pełną” górną przednią płytą pancerną oraz z płytą, której wycięto otwory eksploatacyjne (właz mechanika-kierowcy, luk nad zespołem napędowym). Wyznaczono 20 częstości drgań własnych. Przemieszczenia występujące przy pierwszej częstości drgań własnych pokazano na rysunku 8. Na rysunkach 9 i 15 przedstawiono przemieszczenia wybranych częstości drgań własnych.



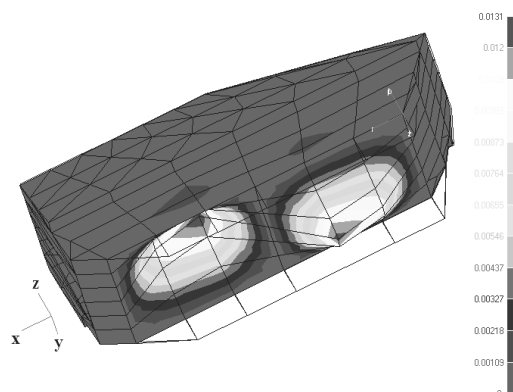
Rys. 8. Przemieszczenia kadłuba pojazdu przy pierwszej częstotliwości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 0,350107 Hz)

Druga postać drgań własnych (częstość = 0,719477 Hz) charakteryzowała się symetryczną formą odkształcenia dna pojazdu. Płaszczyzna symetrii przebiegała wzdłuż osi pojazdu. Postać deformacji przedstawiono na rysunku 8. Takiego typu postać świadczy o małej sztywności pojazdu pod względem ochrony przed wybuchami min dennych. Oznacza to, iż powinno się w pojeździe tym wprowadzić dodatkowe wzmocnienia dna pojazdu.



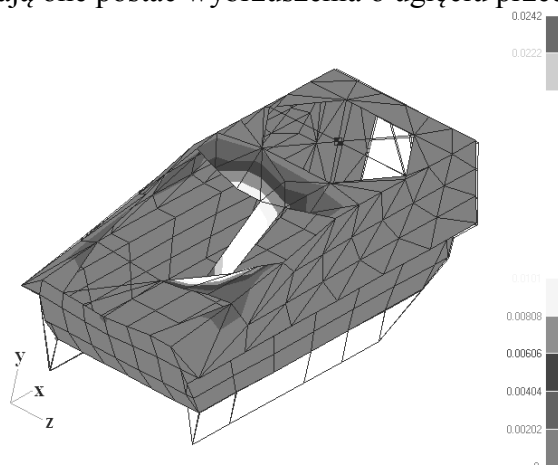
Rys. 9. Przemieszczenia kadłuba pojazdu przy drugiej częstotliwości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 0,719477 Hz)

Deformację pojazdu dla trzeciej postaci drgań własnych (częstość = 0,906575 Hz) przedstawiono na rysunku 10. Charakterystyczne dla tej częstości odkształcenia występują dla dna. Przybierają one postać dwóch wybrzuszeń, z których pierwsze (znajdujące się z przodu pojazdu) ugina się do dołu, a drugie (znajdujące się z tyłu pojazdu) do góry.



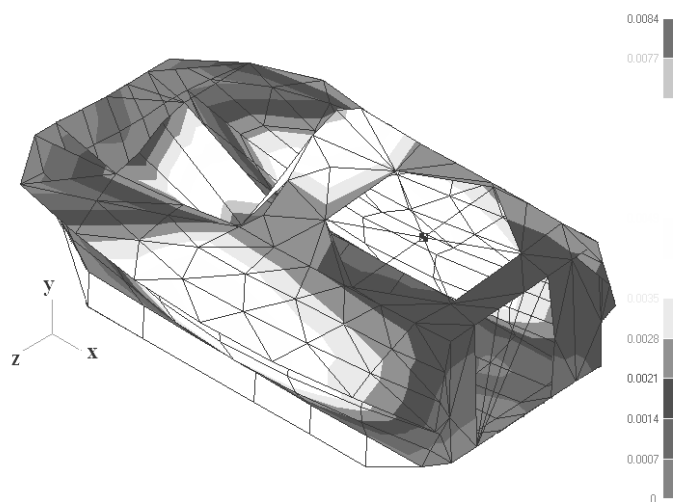
Rys. 10. Przemieszczenia kadłuba pojazdu przy trzeciej częstotliwości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 0,906575 Hz)

Deformację pojazdu dla czwartej postaci drgań własnych (częstość = 1,180874 Hz) przedstawiono na rysunku 11. Charakterystyczne dla tej częstości odkształcenia występują dla stropu pojazdu. Przybierają one postać wybrzuszenia o ugięciu przeciwnym do osi y.



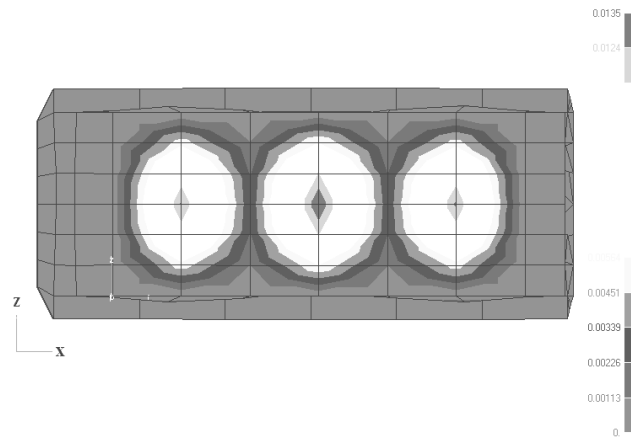
Rys. 11. Przesunięcia kadłuba pojazdu przy czwartej częstości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 1,180874 Hz)

Deformację pojazdu dla piątej postaci drgań własnych (częstość = 1,263182 Hz) przedstawiono na rysunku 12. Charakterystyczne dla tej częstości odkształcenia występują dla burt bocznych pojazdu. Przybierają one beczkowatą postać deformacji.



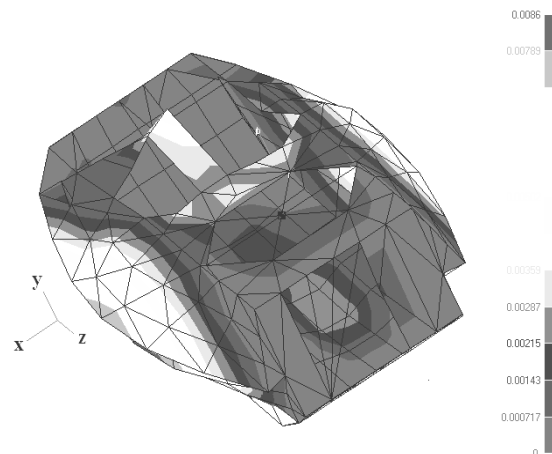
Rys. 12. Przesunięcia kadłuba pojazdu przy piątej częstości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 1.263182 Hz)

Deformację pojazdu dla szóstej postaci drgań własnych (częstość = 1,522734 Hz) przedstawiono na rysunku 13. Charakterystyczne dla tej częstości odkształcenia występują dla dna pojazdu. Podobnie jak dla drugiej i trzeciej postaci deformacji płaszczyzna symetrii występuje dla wzdłużnej osi symetrii pojazdu. Postacie deformacji charakteryzują się dwoma skrajnymi wybrzuszeniami - do wewnątrz pojazdu i jednym centralnym wybrzuszeniem na zewnątrz pojazdu.



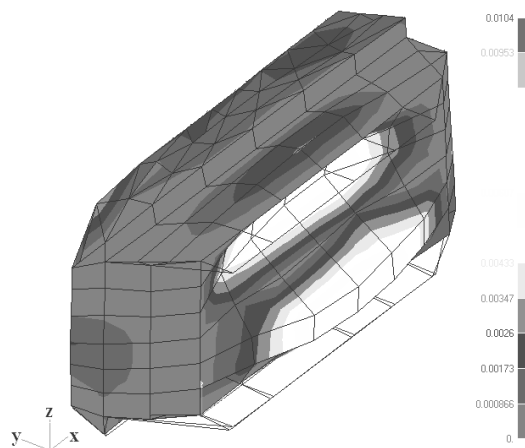
Rys. 13. Przemieszczenia kadłuba pojazdu przy szóstej częstotliwości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 1,758352 Hz)

Deformację pojazdu dla siódmej postaci drgań własnych (częstość = 1,522734 Hz), przedstawiono na rysunku 14; jest zbliżona do piątej postaci (beczkowej) drgań własnych.



Rys. 14. Przemieszczenia kadłuba pojazdu przy siódmej częstotliwości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 1,758352 Hz)

Deformację pojazdu dla ósmej postaci drgań własnych (częstość = 1,836664 Hz) przedstawiono na rysunku 15. Charakterystyczne dla tej częstości odkształcenia występują dla dna. Płaszczyzna antysymetrii przebiega wzdłuż osi pojazdu. Odkształcenia przybierają postać dwóch wybrzuszeń, z których pierwsze (prawa strona pojazdu) ugina się do dołu, a drugie (lewa strona pojazdu) do góry.



Rys. 15. Przemieszczenia kadłuba pojazdu przy ósmej częstotliwości drgań własnych występują w postaci ruchu sztywnego bryły pojazdu (częstość = 1.836664 Hz)

Po analizie drgań własnych kadłuba stwierdzono, że: przy pierwszej częstotliwości drgań kadłub zachowuje się jak bryła sztywna, maksymalne przemieszczenia struktury kadłuba nie przekraczają 0,0127 mm; płyty boczne dolnej części kadłuba oraz płyty boczne górnej części kadłuba wykazują tendencję do deformacji przestrzennej.

6. ZAKOŃCZENIE

Po przeanalizowaniu drgań własnych płyt składowych kadłuba badanych obiektów, stwierdzono poprawność wykonanych konstrukcji. W pierwszej kolejności drgają płyty o najmniejszej sztywności, tzn. płyty przedziału silnikowego i płyta stropu. Podczas analizy wyników nie stwierdzono niskich częstotliwości, które świadczyłyby o ruchach sztywnych składowych części modelu – co świadczy o poprawności wykonania modelu

Analiza drgań własnych jest tylko wstępem do szerszych badań dynamicznych, które można wykonać w systemie NASTRAN, a po dokonaniu pewnych zmian własności materiału istnieje możliwość badania ww. modeli w bardziej skomplikowanych systemach typu DYTRAN pod względem odporności na udar. Możliwe są badania z wymuszeniem impulsowym działającym na dowolne miejsce kadłuba (może to być na przykład działanie fali uderzeniowej lub oddziaływanie własnego uzbrojenia). Model ten może być wykorzystany do zbadania zachowania się kadłuba pojazdu przy wymuszeniu trakcyjnym. Widoczny jest wpływ wprowadzonych usztywnień w „pełnym” modelu w stosunku do „pudełkowego”, zwłaszcza przy drganiach płyty stropowej.

Niektóre elementy modelu wymagają dopracowania. Szczególnie jeśli chodzi o zespół wieży z armatą, należy spróbować inaczej zamodelować warunki oddziaływania jego na strop kadłuba.

Uściślenia wymiarów oraz kształtu wymaga także płyta denna, pod względem wprowadzenia dodatkowych elementów usztywniających (pręty lub elementy sztywne), modelujących właściwości wynikające z istnienia przetłoczeń i osłon wałków skrętnych.

W momencie potwierdzenia wyników obliczeń istniałaby konieczność uwzględnienia obliczonych częstotliwości przy zmianie konstrukcji w taki sposób, by wymuszenia działające na płyty kadłuba nie miały częstotliwości zbliżonej do otrzymanych w wyniku badań. Jest to istotne zwłaszcza dla płyt najbardziej odpowiedzialnych (płyty denna i stropowa), szczególnie przy pierwszych, najniższych częstotliwościach, do wywołania których potrzeba najmniej energii.

7. LITERATURA

- [1] Antonow A.: Tank, WIMOZSRR, Moskwa 1954.
- [2] Antonow A.: Czołg, WMON, Warszawa 1957.
- [3] Barnat W. Kończak J. WSTĘP DO PROJEKTOWANIA LEKKICH POJAZDÓW GĄSIENICOWYCH, Bell Studio (oddane do druku)
- [4] Begier T., Użycki T., Sobala S.: Współczesne gąsienicowe wozy bojowe, Wydawnictwo Lampart, Warszawa 1996.
- [5] Borkowski W.: Dynamika maszyn roboczych, WAT, Warszawa 1992.
- [6] Borkowski W.: Dynamika maszyn roboczych, WNT, Warszawa 1996.
- [7] Burdziński Z.: Teoria ruchu pojazdu gąsienicowego, WKiŁ, Warszawa 1972.
- [8] Charakterystyki stali, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1996.
- [9] Chodkowski A. W.: Badania modelowe pojazdów gąsienicowych i kołowych, WKiŁ, Warszawa 1982.
- [10] Chodkowski A. W.: Konstrukcja i obliczanie szybkobieżnych pojazdów gąsienicowych, WKiŁ Warszawa 1990.
- [11] Dacko M., Barnat W., Skorża T.: Analiza naprężeń kontaktowych w przekładni zębatej przy użyciu elementów typu GAP, III Krajowa Konferencja Użytkowników Oprogramowania MSC, Gdańsk 1998.
- [12] Karnienko A.W.: Obozrieniye otiecziestwiennoj broni tankowej tiechniki, Sankt Petersburg 1996.
- [13] Koszycki T.: Teoria Ruchu Pojazdów Mechanicznych. Materiały do ćwiczeń z pojazdów gąsienicowych, WAT, Warszawa 1979.
- [14] Nastran Handbok for Nonlinear Analysis, The Macneal Schwendler Corporation 1992.
- [15] Osiński Z.: Teoria drgań, PWN, Warszawa 1980.

NUMERICAL ANALYZE OF HULL TYPE INFLUENCE ON VEHICLE DYNAMICS AT THE BASIS OF BWP

Abstract: This article presents a method of creating a hull model of BWP track vehicle for vibration problem solution. The model served as a basis for describing forms and frequencies of free vibrations of plates which are forming track vehicle hull. Calculations and analyzes were executed using NASTRAN software. Received results were used in order to suggest optimization directions of considerate track vehicle hull.

Recenzent: prof dr hab. inż. Andrzej WILK