

Alicja ZIELIŃSKA

WERYFIKACJA SZTYWNOŚCI KONSTRUKCJI PLATFORMY MONTAŻOWEJ WOZU BOJOWEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono weryfikację sztywności konstrukcji platformy montażowej wozu bojowego, będącej wynikiem analizy statycznej i dynamicznej platformy montażowej głowicy śledzącej pod wpływem zadanych obciążeń.

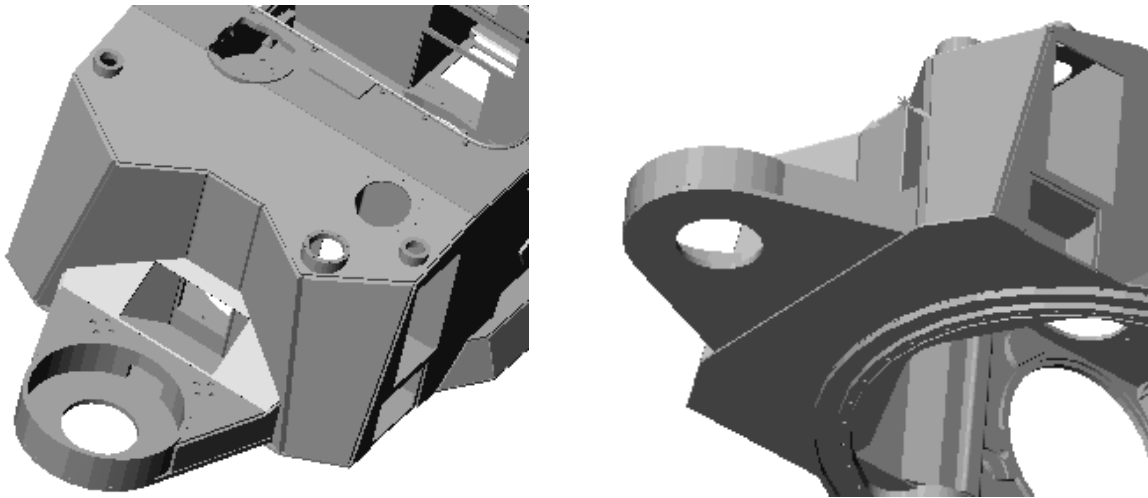
1. Wstęp

W artykule zaprezentowano weryfikację zachowania się konstrukcji platformy montażowej wozu bojowego będącej wynikiem analizy statycznej i dynamicznej platformy montażowej głowicy śledzącej pod wpływem obciążeń zgodnych z ZTT, zadanych na podstawie wyników badań oraz WPN-84/N-01001...8. Analizowana konstrukcja platformy montażowej jest częścią wieży wozu bojowego. Weryfikację sztywności przeprowadzono w zakresie obciążeń masowych, wpływu parcia wiatru na konstrukcję oraz sił odśrodkowych. Jako podstawę obciążeń dynamicznych przyjęto przebiegi zmierzone na rzeczywistym obiekcie. Analizę przeprowadzono na modelu platformy montażowej z uproszczonym modelem wieży. Do rozwiązania przedstawionego problemu wykorzystano technikę modalną implementowaną w metodzie elementów skończonych. Istotnym elementem jest możliwość weryfikacji na obiekcie wirtualnym zachowania się konstrukcji pod kątem spełnienia wymagań w zakresie sztywności platformy, na której umieszczona jest głowica śledząca. Podczas realizacji projektu wstępnie zweryfikowano możliwość spełnienia wymagań poprzez symulację komputerową.

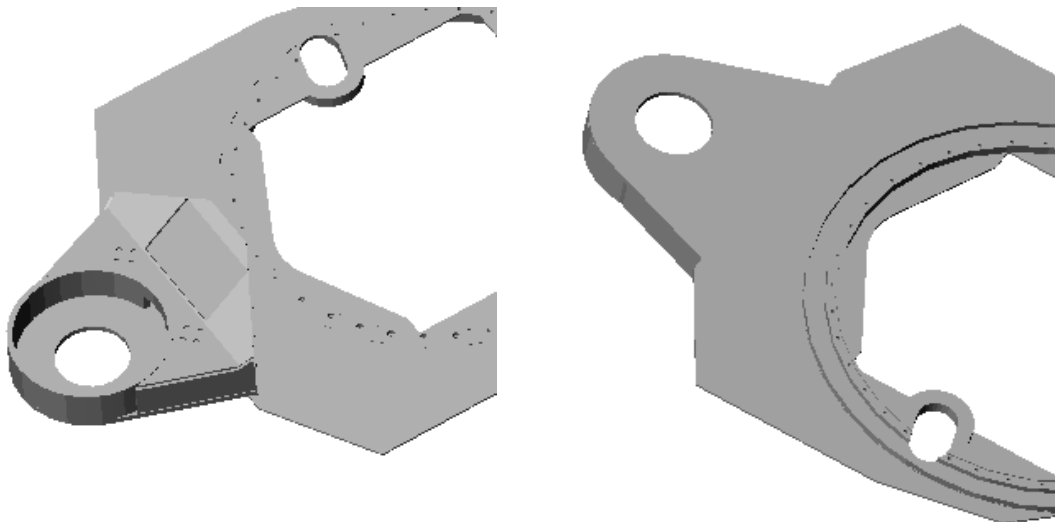
Współcześnie można przyjąć, że wykorzystanie technik komputerowych do prac badawczo-rozwojowych jest nieodzownym elementem procesu projektowania. Metoda symulacji komputerowej pozwala na skrócenie czasu wykonania projektu, a tym samym na obniżenie kosztów realizacji. Badanie konstrukcji wirtualnej jest o wiele tańszym sposobem rozwiązania problemów powstających podczas realizacji projektu, niż badania i weryfikacja konstrukcji rzeczywistej.

Nowoczesne projektowanie wież wymaga ich analizy ze względu na szereg cech stanowiących o ich przydatności. Istotną cechą jest wytrzymałość na obciążenia zewnętrzne oraz odkształcenie konstrukcji, które ma wpływ np. na celność zainstalowanego uzbrojenia. Przedmiotem zainteresowania było określenie zachowania się platformy montażowej – wyznaczenie pola naprężeń i przemieszczeń - przy obciążeniu jej zgodnie z wymaganiami, a zwłaszcza określenie pochylenia zespołu głowic wywołanego odkształceniami platformy montażowej. W wyniku symulacji zachowania się platformy zweryfikowano podstawowe kryterium, jakim było dopuszczalne odchylenie kątowe platformy pod obciążeniem. Dokonano weryfikacji doboru parametrów platformy montażowej wozu bojowego. Platforma ze względu na swoje przeznaczenie, jako podstawa montażowa głowicy śledzącej winna w trakcie pracy zapewniać określone warunki kinematyczne konieczne dla prawidłowej pracy urządzenia. Przeprowadzono, więc obliczenia ugięcia płyt platformy pod statycznymi i dynamicznymi obciążeniami.

Uznano, że w stanie roboczym platforma jest obciążona siłami wywołanymi ruchem obrotowym wieży oraz parciem wiatru. Poniżej (Rys.1.) przedstawiono wieżę wozu bojowego, w skład której wchodzi platforma montażowa (Rys2.).



Rys.1. Model bryłowy wieży



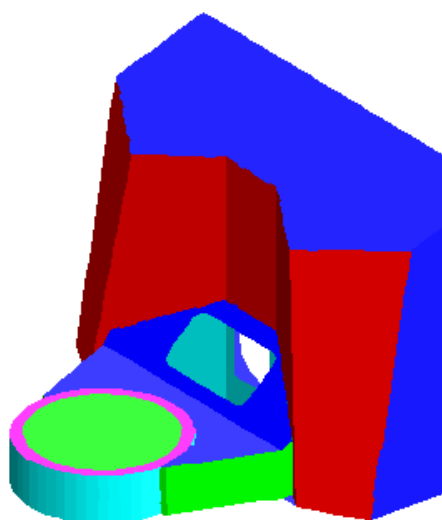
Rys. 2. Model bryłowy platformy montażowej

2. MODEL OBLICZENIOWY

Ograniczenia gabarytowo-masowe stawiają wymagania wobec konstrukcji, gdyż w istotny sposób utrudniają możliwość zwiększania jej sztywności. Biorąc ten czynnik pod uwagę, wykonano obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji platformy wraz z wieżą, której model ograniczono do minimum, uwzględniając jednak zapewnienie prawidłowego mocowania platformy. Postępowanie takie było uzasadnione ze względu na dużą sztywność korpusu wieży, powodując jej niewielki wpływ na platformę montażową. Natomiast zdecydowanie wpłynęło to na ograniczenie wielkości modelu. Jako metodę analizy wybrano metodę elementów skończonych[3], wykorzystując oprogramowanie COSMOS/M [1]. Na potrzeby symulacji stworzono model platformy oparty na elementach powłokowych trójkątnych.

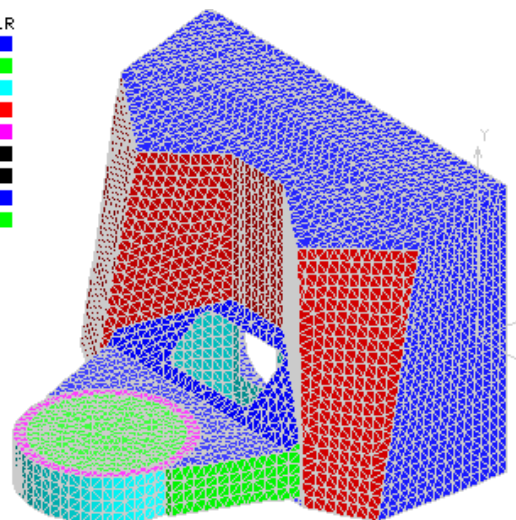
Model platformy wraz z fragmentem wieży powstał w oparciu o szkic koncepcyjny tego układu o parametrach geometrycznych zgodnych z wcześniejszymi analizami. Wykonano belkowo-powłokowy model platformy wraz z wieżą. Na tej podstawie powstał

model składający się z 7755 elementów rozpiętych na 3950 węzłach o 23394 stopniach swobody. Elementy podzielono na grupy elementów (Rys.3.) o określonych własnościach geometrycznych przekroju. Podział na elementy i grupy elementów obrazuje Rys.4.



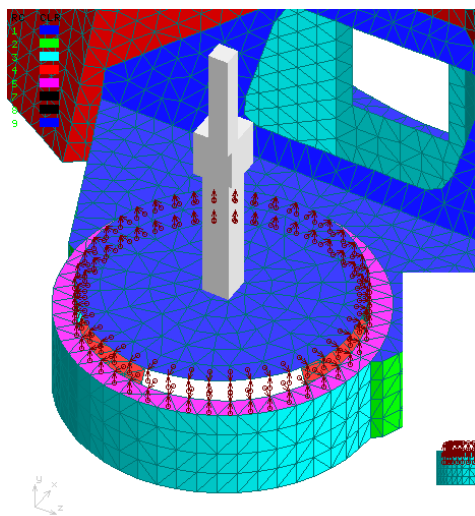
Rys.3 Podział na grupy elementów modelu

RC	CLR
1	niebieski
2	niebieski
3	niebieski
4	niebieski
5	niebieski
7	niebieski
8	niebieski
9	niebieski
10	niebieski

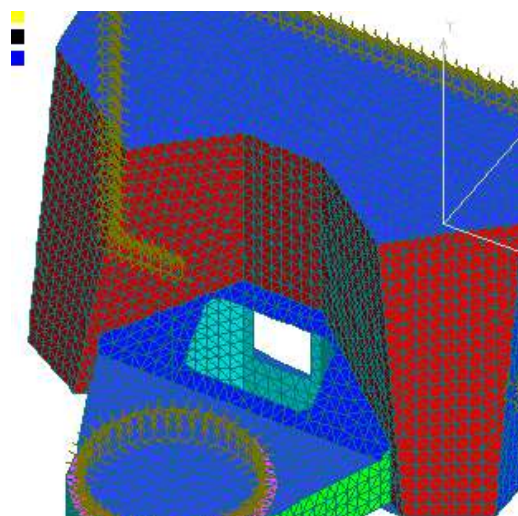


Rys. 4. Podział na elementy skończone

Ponadto w modelu występują elementy masowe (Rys.5.). Przyjęte warunki brzegowe obrazuje Rys.6. - odebrano możliwości przemieszczeń na odciętym brzegu modelu wieży.



Rys. 5 Model połączenia głowicy z platformą



Rys. 6. Warunki brzegowe.

Tablica 1. Zestawienie typów elementów modelu

Nr typu	Nazwa	Typy elementów modelu
1	SHELL1 3	elementy powłokowe
2	RBAR	sztywne elementy belkowe
3	MASS	elementy masowe

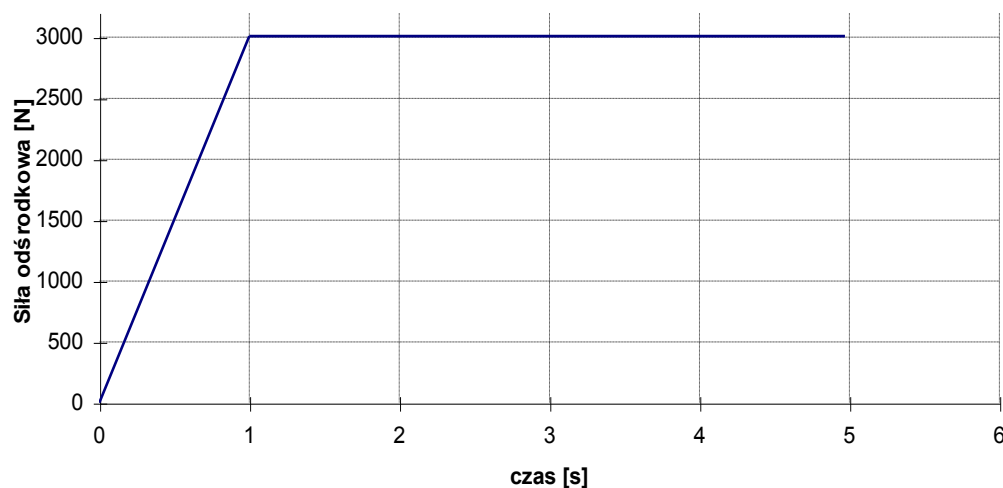
Dla prawidłowego zamodelowania obciążenia od oddziaływań dynamicznych, przy ograniczonym modelu wieży wybrano schemat tzw. ruchu podstawą (ang. base motion). W

układzie obciążenia dynamiczne na korpus wieży przenoszą się w postaci wymuszeń kinematycznych. Jako dane bazowe wymuszenia przyjęto dane wyjściowe z analizy dynamicznej problemu drgań wieży wozu bojowego. Łożysko wieńcowe głowicy śledzącej zamodelowano za pośrednictwem równań wymuszających jednakowe przemieszczenia w miejscach połączenia łożyskowego tj. na obwodzie łożyska (Rys.5.). Własności masowe głowicy śledzącej uwzględniono poprzez zastosowanie elementu masowego.

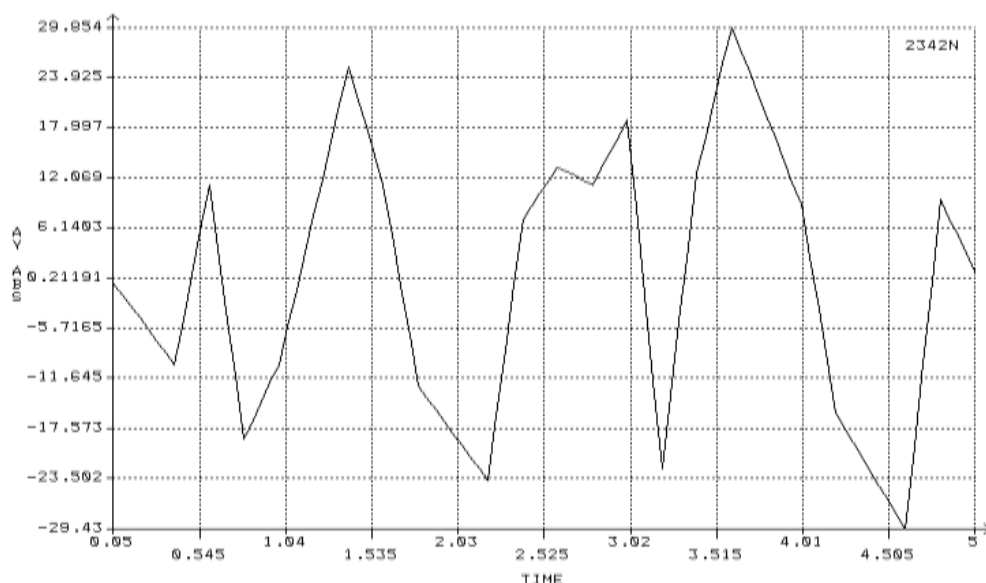
Przy doborze obciążeń oparto się o Założenia Techniczne, dodatkowo wykorzystując wyniki badań przebiegów dynamicznych uzyskane w trakcie badań trakcyjnych pojazdów gąsienicowych w OBRUM. Wieża w trakcie eksploatacji narażona jest głównie na dwa rodzaje obciążeń: pochodzących od siły odrzutu wystrzałów z armat oraz wymuszeń (w tym przypadku przyspieszeń) pochodzących od pokonywanych przez pojazd przeszkód drogowych. Analiza tych oddziaływań przeprowadzona na pierwszym modelu wieży [4] wykazała, że impulsy siły odrzutu nie generują znaczących wartości przyspieszeń na platformie montażowej i w analizie platformy montażowej mogą zostać pominięte. Dlatego model platformy montażowej obciążono jedynie przebiegiem wymuszeń trakcyjnych.

Do celów analizy statycznej jako najbardziej wyťažające konstrukcję podczas pracy w tym wariancie wybrano następujące obciążenia stałe: ciężar własny, napór wiatru (30 [m/s]) w kierunku prostopadłym do wzdłużnej płaszczyzny symetrii wieży oraz siłę odśrodkową działającą na głowicę podczas obrotu wieży o wartości 3000 [N] . Środek masy głowicy znajduje się w odległości prawie 2 m od osi obrotu wieży.

W wariancie dynamicznym uwzględniono obciążenia zmienne: siłę odśrodkową (Rys.7.) i styczną występujące podczas rozruchu/hamowania wieży oraz wymuszenia pochodzące od jazdy terenowej o charakterystyce (Rys.8.). Każdy wariant wynikowy zawiera obciążenia masowe oraz obciążenie wiatrem działającym w jednym z najbardziej niekorzystnych kierunków działania.



Rys. 7. Przebieg zmienności siły modelującej siłę odśrodkową w modelu dynamicznym

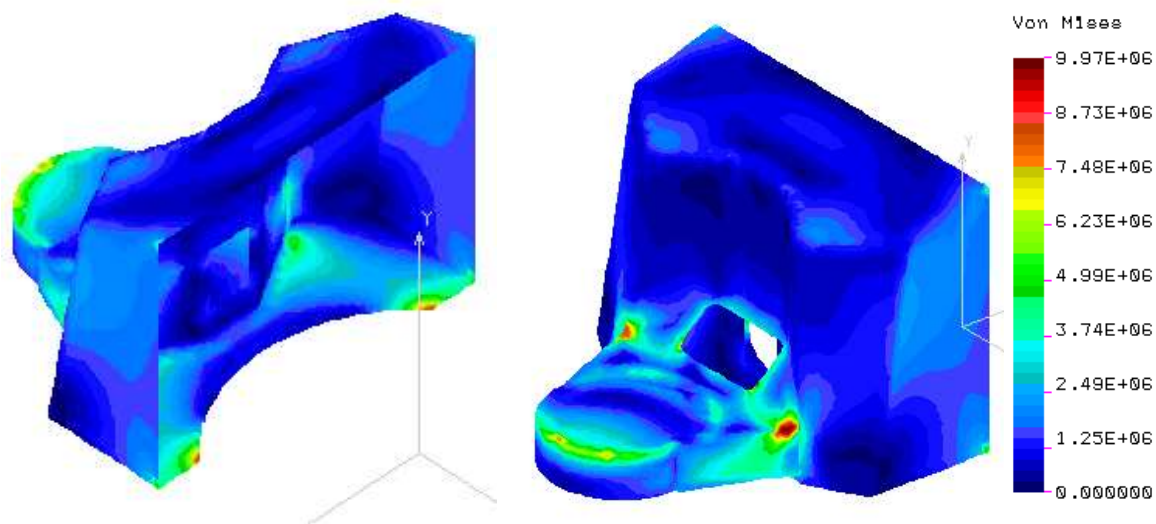


Rys. 8. Przebieg przyspieszeń wyników w punkcie mocowania platformy montażowej obliczone na wstępnym modelu wieży

3. WYNIKI ANALIZY STATYCZNEJ

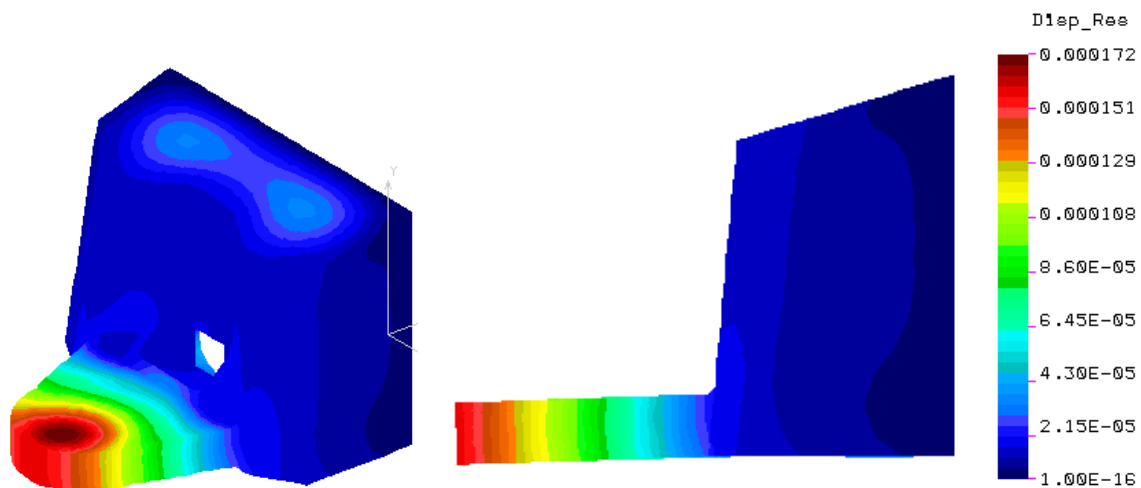
W konstrukcji platformy naprężenia nie są parametrem krytycznym. Ważniejsza jest sztywność konstrukcji. Tym niemniej zwrócono uwagę na rozkład tych naprężeń dla prawidłowego ukształtowania konstrukcji. W analizie statycznej uzyskano wytyczenie konstrukcji jak na (Rys.9.).

Naprężenia zredukowane wg hipotezy H-M-H występujące w modelu obciążonym masą własną, wiatrem i siłą odśrodkową nie przekraczają 10 MPa. Poziom naprężeń w konstrukcji, zgodnie z oczekiwaniami, jest poniżej wartości dopuszczalnych.



Rys. 9. Rozkład naprężeń zredukowanych w [MPa]

Poniżej (Rys.10.) przedstawiono rozkład pola przemieszczeń modelu. Maksymalne ugięcie platformy montażowej wynosi 0.172 mm. Rysunek przedstawia deformację w powiększeniu. W wyniku symulacji otrzymano pole przemieszczeń pod wpływem obciążeń.

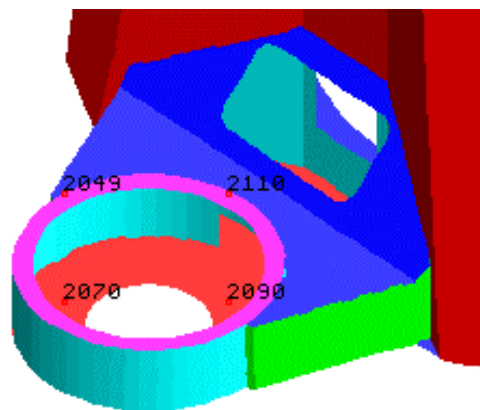


Rys. 10. Rozkład pola przemieszczeń w modelu oraz pole z deformacją

Dokonano przeglądu przemieszczeń konstrukcji decydujących o precyzji pozycjonowania anteny, które były podstawą dokonania oceny wpływu ugięć na dokładność pracy głowicy. O precyzji pozycjonowania głowicy decydują punkty mocowania zestawu anten do układu platformy montażowej (Rys.11.).

Znając przemieszczenie punktów charakterystycznych konstrukcji w wyniku odkształcenia pod obciążeniem określono poszukiwaną zmianę położenia kąтового.

W naszym przypadku, dla obciążenia statycznego, tymi węzłami były węzły 2070 i 2110 dla płaszczyzny symetrii wzdłużnej oraz węzły 2049 i 2090 dla płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny symetrii wieży (Rys.11.). Na podstawie maksymalnych przemieszczeń tych punktów wyznaczono wielkość kąta ugięcia, który decyduje o dokładności pozycjonowania.



Rys. 11. Położenie w modelu węzłów do wyznaczania wpływu ugięć na dokładność pozycjonowania

4. WYNIKI ANALIZY DYNAMICZNEJ

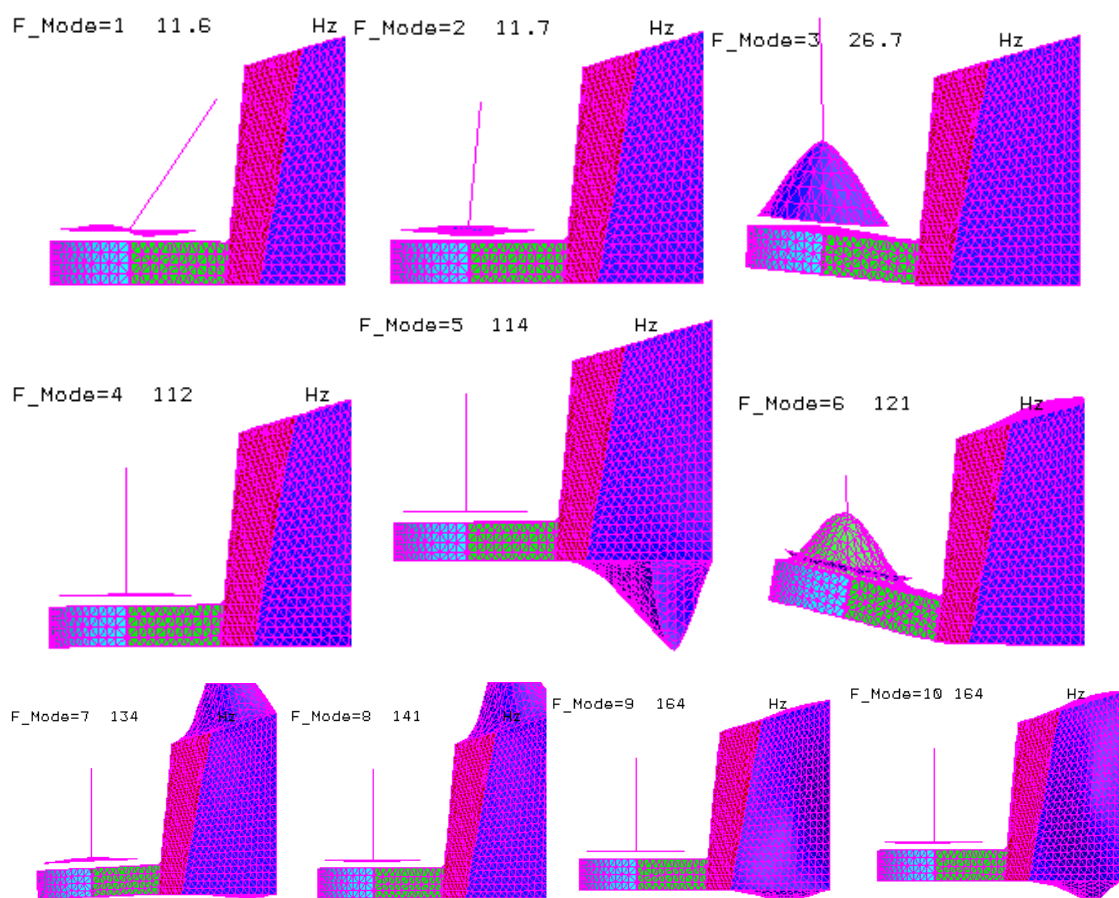
Zastosowanie metody modalnej wymaga, aby obliczenia rozpocząć od obliczenia częstości i postaci drgań własnych modelu. Zgodnie z zaleceniami literatury [2], pod uwagę należy wziąć te częstości własne, które zapewniają, że współczynnik udziału masy sięga 80% masy układu. Dlatego wzięto pod uwagę pierwszych 10 częstości własnych. Rozwiązanie uzyskano na drodze iteracji podprzestrzennej, przy wykorzystaniu systemu COSMOS/M.

Niżej przedstawione zostały omawiane częstotliwości drgań dla wykonanego modelu (Tablica 2).

Tablica 2. Częstotliwości drgań dla wykonanego modelu w Hz

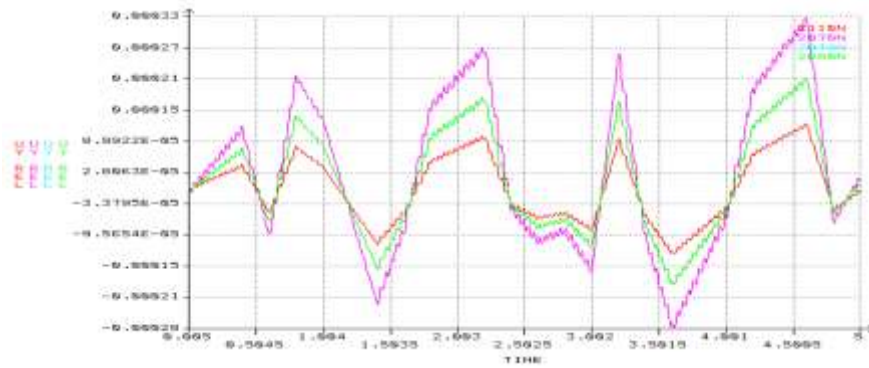
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
częstotliwość Hz	11.5757	11.6548	26.715	112.418	113.784	121.458	133.521	140.612	164.116	164.431

Poniżej (Rys.12.) przedstawiono postaci drgań własnych.



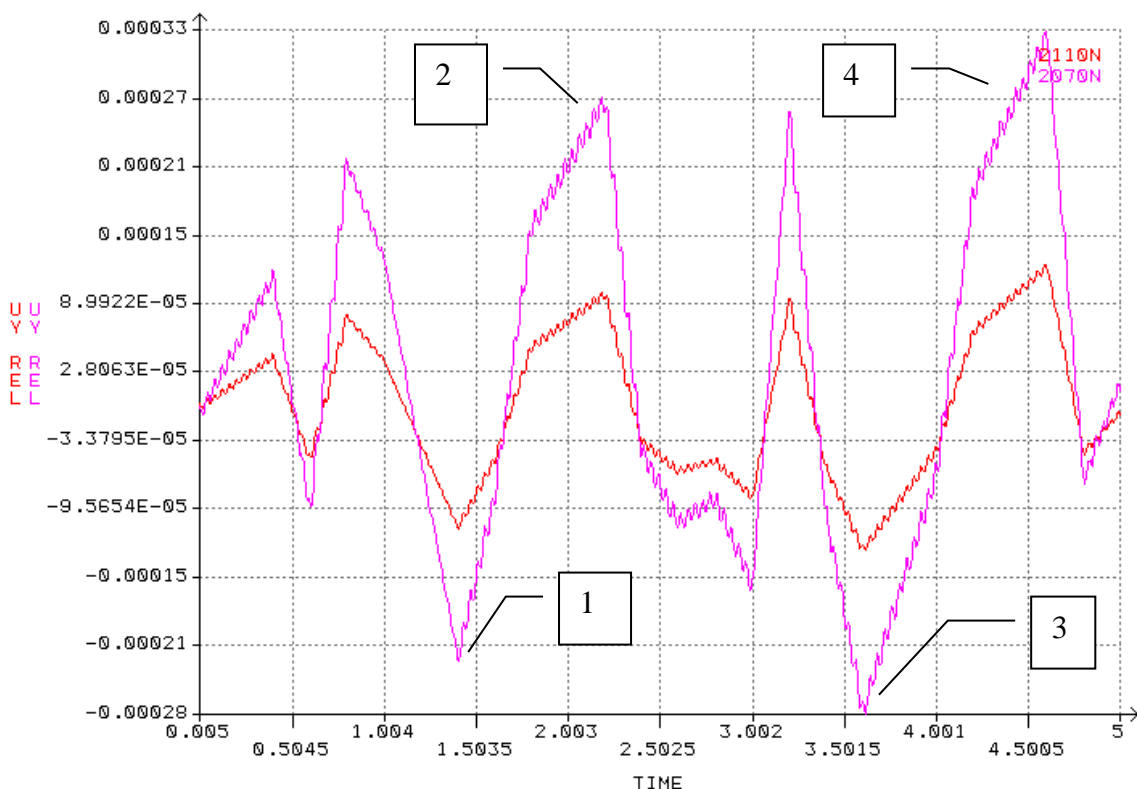
Rys.12. Postacie drgań własnych modelu platformy montażowej

Rozwiązanie zagadnienia własnego posłużyło do uzyskania rozwiązania dla układu z wymuszeniami opisanymi wyżej.



Rys. 13. Przebieg przemieszczeń węzłów określających pochylenie platformy montażowej

Rozwiązanie przebiegu drgań układu otrzymano w trakcie czasu $t=5s$ (do scałkowania równań posłużono się metodą Newmarka). Odcinek czasu t podzielono na 1000 kroków czasowych. Aby określić kątowe pochylenie platformy montażowej należało prześledzić przebieg przemieszczania tych węzłów w czasie (Rys.13.). Opisywaną charakterystykę interesujących nas węzłów przedstawiono na Rys.14. Wyróżniono cztery punkty, dla których zbadano pochylenie platformy montażowej (Tablica 3).

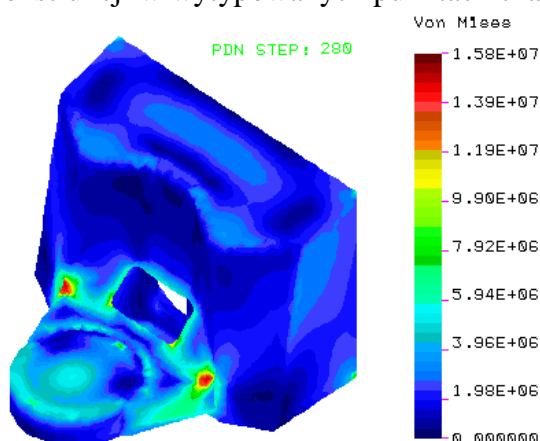


Rys. 14. Przebieg przemieszczeń węzłów określających pochylenie platformy montażowej

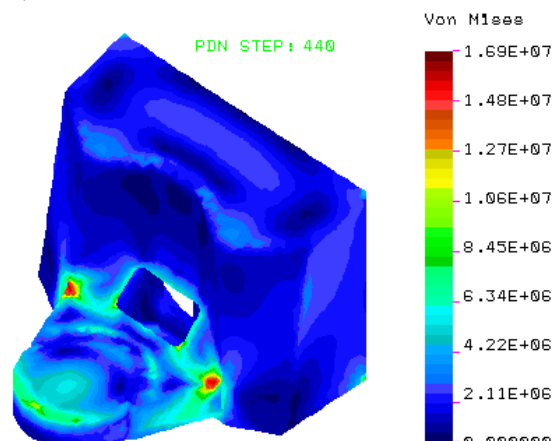
Tablica 3. Wyróżnione punkty, dla których zbadano pochylenie platformy montażowej

Numer wytypowanego punktu	Czas t [s]	Przemieszczenia punktu 2070 uy [m]	Przemieszczenia punktu 2110 uy [m]
1	1.4	-0.0002317	-0.0001129
2	2.2	0.0002635	0.00009512
3	3.6	-0.0002715	-0.0001291
4	4.6	0.0003273	0.0001206

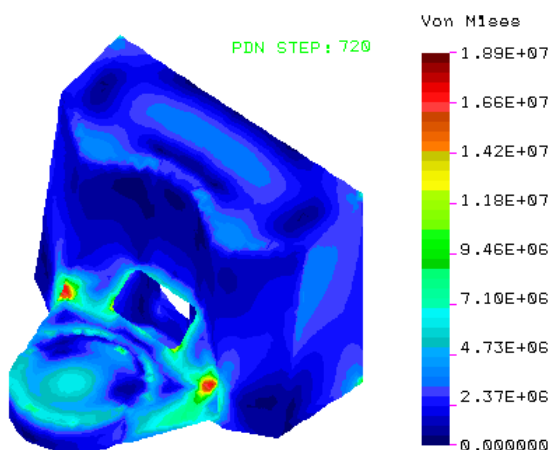
Dla rozpatrywanego przypadku obciążenia poniższe rysunki przedstawiają zmiany wyężenia konstrukcji w wytypowanych punktach czasowych.



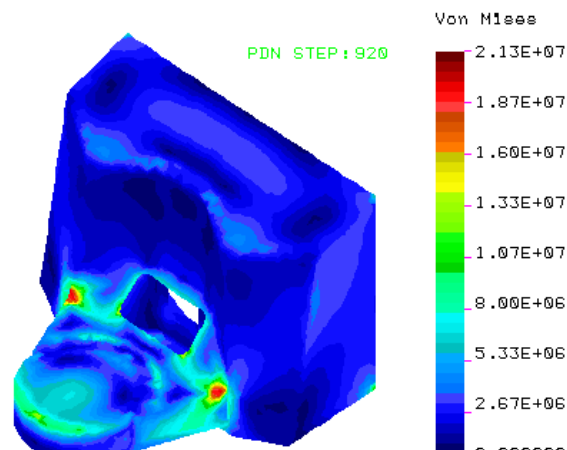
Rys. 15. Napężenia w modelu dla t=1.4 s



Rys. 16. Napężenia dla t=2.2 s

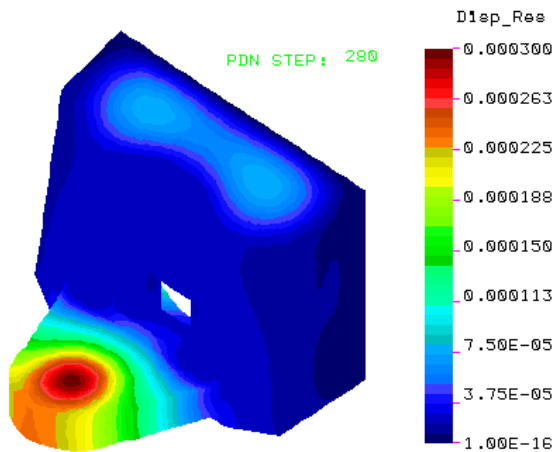
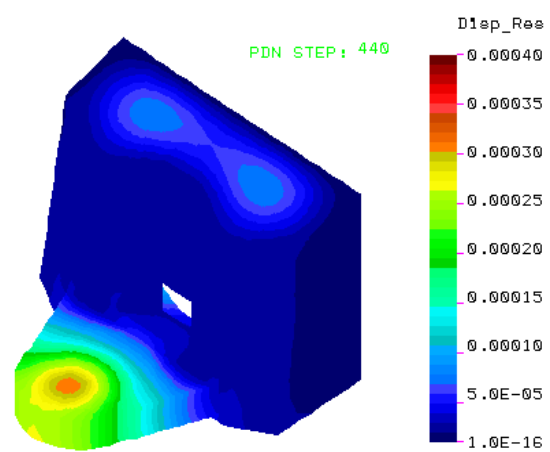
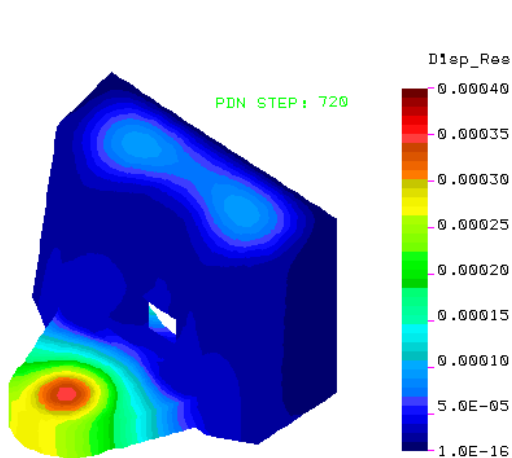
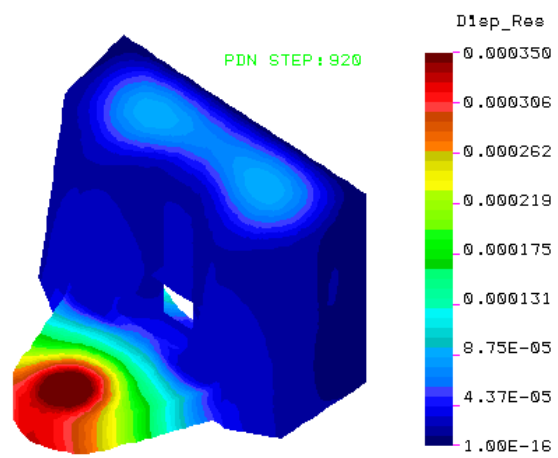


Rys. 17. Napężenia w modelu dla t=3.6 s



Rys. 18. Napężenia dla t=4.6 s

Obraz przemieszczeń w trakcie wybranych kroków czasowych przedstawiają kolejne rysunki.

Rys. 19. Przemieszczenia dla $t=1.4$ sRys. 20. Przemieszczenia dla $t=2.2$ sRys. 21. Przemieszczenia dla $t=3.6$ sRys. 22. Przemieszczenia dla $t=4.6$ s

Zmniejszenie ugięcia platformy montażowej można uzyskać poprzez zwiększenie sztywności konstrukcji np. dokładając żebro między otworami w płycie mocującej.

5. WNIOSKI

- Analiza komputerowa pozwoliła na ocenę zachowania się konstrukcji pod wpływem zadanego obciążenia w określonym przedziale czasu. Jednocześnie dokonano oceny spełnienia wymaganych parametrów przez konstrukcję oraz deformacji platformy.
- Przeprowadzona analiza wykazała, że konstrukcja spełnia wymagania wytrzymałościowe zarówno dla obciążeń statycznych, jak i dynamicznych, gdyż maksymalne naprężenia zredukowane według H-M-H są na poziomie 22 MPa.
- Dokonano weryfikacji sztywności konstrukcji platformy montażowej, wykazując, że parametry dokładności poziomowania są zachowane. Istnieje więc techniczna możliwość uzyskania zakładanych wartości pochyłeń kątowych.

6. LITERATURA

- [1] Cosmos/M, Finite Element Analysis System Advanced Seminar. Structural Research & Analysis Corporation, Santa Monica 1993, California.
- [2] RUSIŃSKI E.: Metoda elementów skończonych - system Cosmos/M, WKŁ Warszawa 1994.
- [3] ZIENKIEWICZ O.C., TAYLOR R.L.: Thy Finite Element Method, Fourth edition, 1991.
- [4] WYCIŚŁOK P., ZIELIŃSKA A.: Analiza wytrzymałości konstrukcji wieży Loara z uwzględnieniem oddziaływań dynamicznych, (Prace własne niepublikowane) OBRUM Gliwice 1997.
- [5] WYCIŚŁOK P., ZIELIŃSKA A.: Analiza wytrzymałości konstrukcji platformy montażowej głowicy śledzącej z uwzględnieniem oddziaływań dynamicznych, (Prace własne niepublikowane) OBRUM Gliwice 1997.

VERIFICATION OF THE RIGIDITY OF THE ASSEMBLY PLATFORM OF A COMBAT VEHICLE

Abstract: The paper presents the verification of the assembly platform structure of a combat vehicle made on the basis of static and dynamic analysis of the assembly platform subjected to defined loads.

Recenzent: dr inż. Cezary GALIŃSKI