

WPŁYW RODZAJU UZBROJENIA NA STAN WYŁĘŻENIA ELEMENTÓW KADŁUBA CZOŁGU

W pracy przedstawiono metodykę badania modeli wozów bojowych, w oparciu o metodę elementów skończonych, w aspekcie dostosowania do nowych obciążeń wynikających ze zmiany uzbrojenia. Pokazano rezultaty analizy numerycznej stanu wyłężenia wybranych elementów kadłuba dla przyjętych wariantów obciążenia.

1. Wprowadzenie

Czołg podstawowy – jako wielozadaniowy, gąsienicowy wóz bojowy przeznaczony do wykonywania zadań bojowych w warunkach współczesnych konfliktów – jest uniwersalnym środkiem walki wojsk lądowych. Może on skutecznie działać zarówno w obronie jak i w natarciu, pod bezpośrednim ogniem artyleryjskim przeciwnika jak i w warunkach użycia broni masowego rażenia, w warunkach dobrej i złej widoczności. Pomimo różnych ocen wystawianych czołgom oraz próbom umniejszania przez niektórych specjalistów ich roli, aktualne konflikty zbrojne i działania stabilizacyjne wskazują, że są to poglądy nieuprawnione. Świadczy o tym również fakt, iż w armiach krajów wysoko rozwiniętych nie wycofuje się czołgów z uzbrojenia a wręcz prowadzi prace badawczo – rozwojowe nad ich doskonaleniem.

Jakość bojową czołgu, w ogólnym przypadku, charakteryzują jego główne cechy bojowe, którymi są:

- siła ognia,
- opancerzenie,
- ruchliwość.

Te właśnie cechy bojowe gwarantują uniwersalność oraz przewagę czołgów nad innymi wozami bojowymi jak również nad nowotworzonymi lekkimi platformami ogniowymi.

Siła ognia jest to zespół czynników określających ilość, jakość i efektywność uzbrojenia głównego (armaty czołgowej oraz związanych z nią układów i systemów, amunicji).

Opancerzenie stanowi strukturę ochrony załogi i wyposażenia wewnętrznego czołgu przed środkami porażającymi broni przeciwnika (ochrona pasywna i aktywna, systemy ochrony przeciwwybuchowej, przeciwpożarowej, przed bronią masowego rażenia).

Ruchliwość czołgu ujmuje się jako zdolność do przemieszczania w sensie taktycznym i operacyjnym oraz jako element obrony czynnej. Jest pojęciem bardzo

szerokim i w ogólnym przypadku określa zrywność i manewrowość pojazdu, dynamikę jazdy oraz zdolność pokonywania terenu w każdych warunkach.

Rozwój środków przeciwpancernych oraz różnorodność działań bojowych, w tym zadania stabilizacyjne, determinują na producentach wozów bojowych i ośrodkach naukowo – badawczych, prowadzenie w sposób niemalże ciągły prac modernizacyjnych.

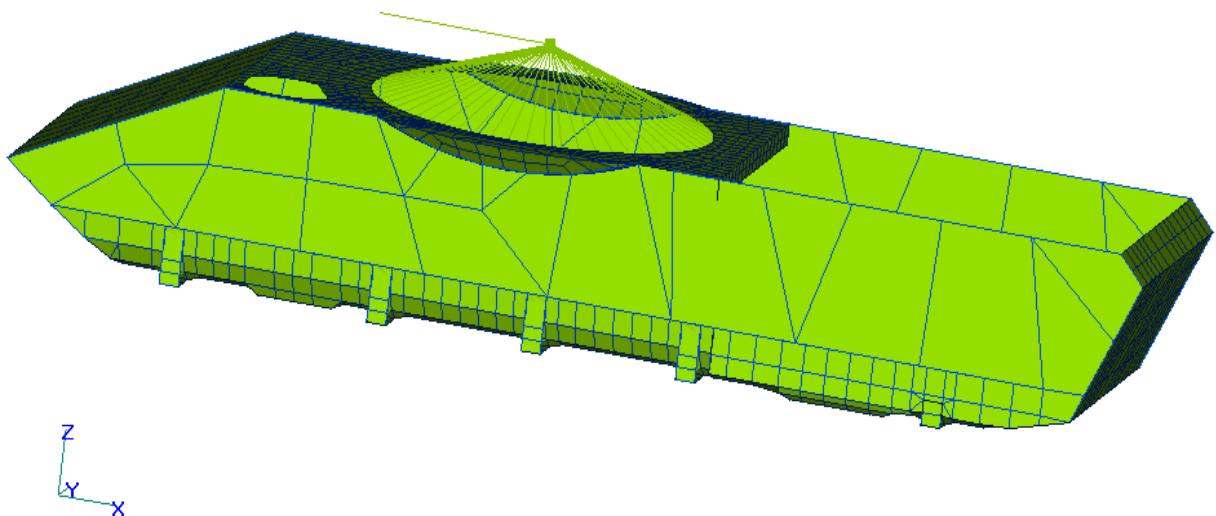
W pracy podjęto próbę oceny wyęczenia elementów konstrukcji struktury nośnej czołgu obciążonej strzałem z broni głównej.

2. Model obiektu badań

Przedmiotem analizy jest kadłub wozu bojowego o charakterystyce technicznej zbliżonej do czołgu średniego.

W ogólnym przypadku kadłub wozu bojowego (czołgu, bojowego wozu piechoty) stanowi samonośne nadwozie, wykonane jako konstrukcja spawana ze stalowych płyt pancernych o zróżnicowanych grubościach i kątach pochylenia. Wewnątrz kadłuba montowane są zespoły napędowe oraz urządzenia i elementy wyposażenia specjalnego. Na płycie górnej kadłuba posadowiona jest wieża z armatą poprzez łożysko oporowe (zazwyczaj kulkowe) umożliwiające obrót wieży względem kadłuba. Łożysko to pracuje bez luzów, przenosząc obciążenia pionowe i poziome wynikające z wzajemnego oddziaływania wieży i kadłuba. Płyta podwieżowa i dno kadłuba są wzmacniane przez różnego rodzaju uźbrowania oraz tłoczenia. W czołgach płyta podwieżowa jest przyspawana do burt i płyty przedniej o znacząco większej grubości. Nie ma bezpośredniego oddziaływania (poprzez różne elementy wsporne) z dnem kadłuba.

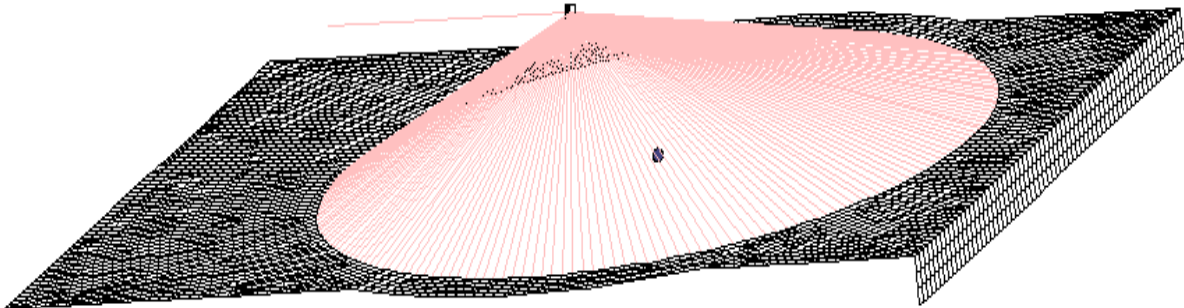
Model odwzorowuje cały obiekt. Wieżę z armatą, płyty czołowe, burtowe i tylną (o dużej grubości) oraz zespoły montowane w kadłubie traktuje się jako ciała sztywne. Płytę podwieżową oraz denną modeluje się elementami odkształcalnymi (powłokowymi) przyjmując jako warunki brzegowe utwierdzenie tych płyt na brzegach spawanych do płyt traktowanych jako sztywne. Zawieszenie modelowano elementami sprężysto – tłumiącymi o zadanych charakterystykach. Model pełny czołgu średniego przedstawiony na rys. 2.1, odwzorowany jest za pomocą 1798 elementów powłokowych, 47 brył sztywnych i 76 elementów belkowych. Łącznie model posiada 9971 stopni swobody.



Rys. 2.1. Model dyskretny (MES) czołgu średniego.

Grubości płyt podwieżowej i dna w porównaniu do pozostałych są mniejsze i można przyjąć, że są one utwierdzone na brzegach.

Z uwagi na powyższe, w obliczeniach wstępnych, płytę podwieżową wraz z posadowioną na niej wieżą z uzbrojeniem można wydzielić jako model częściowy (rys. 2.2) znacznie prostszy do opracowania i analizy [1].



Rys. 2.2. Model częściowy obiektu badań – płyta z kompletną wieżą.

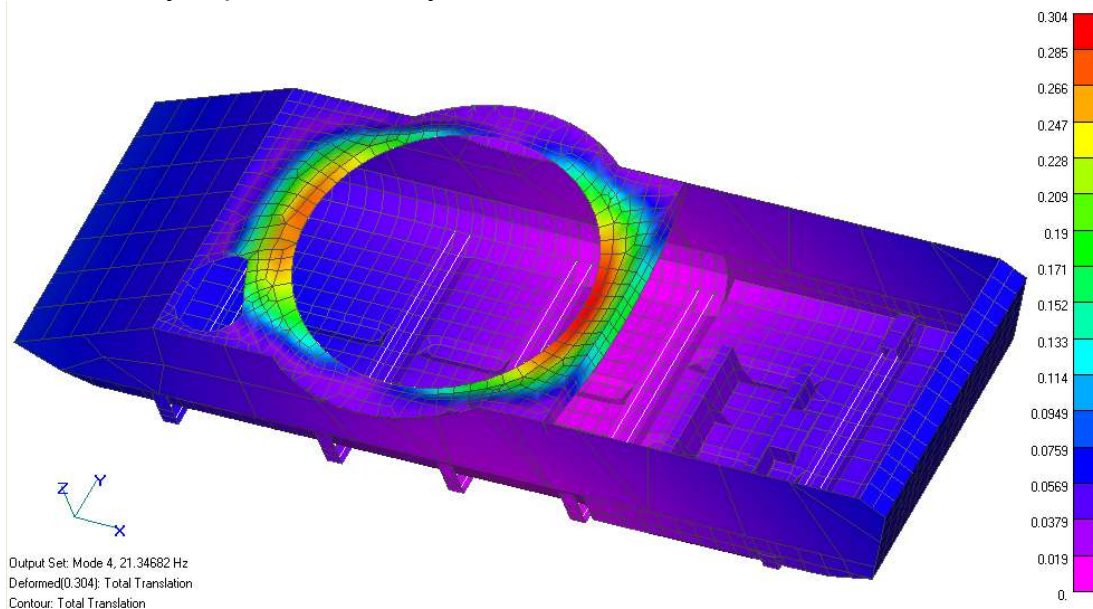
3. Badania modelowe

3.1. Drgania własne

Obliczenia zasadnicze poprzedzono badaniami podstawowych właściwości dynamicznych obiektu badań – rozwiązaniem zagadnienia na wartości własne. W ich efekcie otrzymano częstotliwości i postacie drgań swobodnych obiektu, których główne wartości są następujące:

- częstotliwość drgań kątowych czołgu względem osi poprzecznej – 1,06 Hz,
- częstotliwość drgań pionowych czołgu – 2,01 Hz,
- podstawowa (najniższa) częstotliwość drgań płyty podwieżowej 21,35 Hz.

Postać drgań płyty podwieżowej stowarzyszoną z jej pierwszą częstotliwością drgań swobodnych pokazano na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Postać drgań odpowiadająca pierwszej częstotliwości drgań własnych płyty podwieżowej.

Uzyskane częstotliwości drgań odpowiadają częstotliwościom drgań głównych dla tej klasy pojazdów, co świadczy o poprawności modelu.

3.2. Drgania wymuszone

Zasadniczym celem obliczeń jest określenie poziomu i rozkładu naprężeń w płycie podwieżowej podczas strzelania z armaty. Czołg bazowy wyposażony jest w armatę kalibru 100mm. Podczas strzelania generowany jest impuls siły o wartości 280kN i czasie trwania 0,078s.

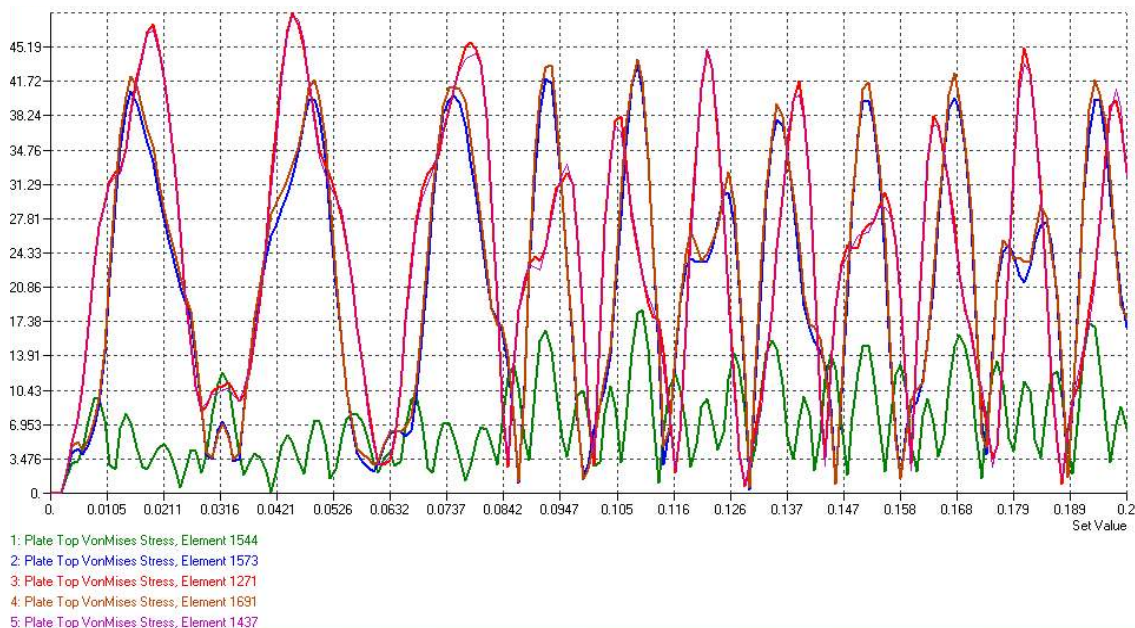
W ramach zadania rozważano następujące przypadki obliczeń:

- modelu pełnego czołgu – płyta podwieżowa z kompletną wieżą osadzona w kadłubie czołgu zawieszonym na elementach sprężysto - tłumiących,
- modelu częściowego – płyta podwieżowa z kompletną wieżą utwierdzona na brzegach,
- modelu częściowego, z innymi armatami (lub pociskami).

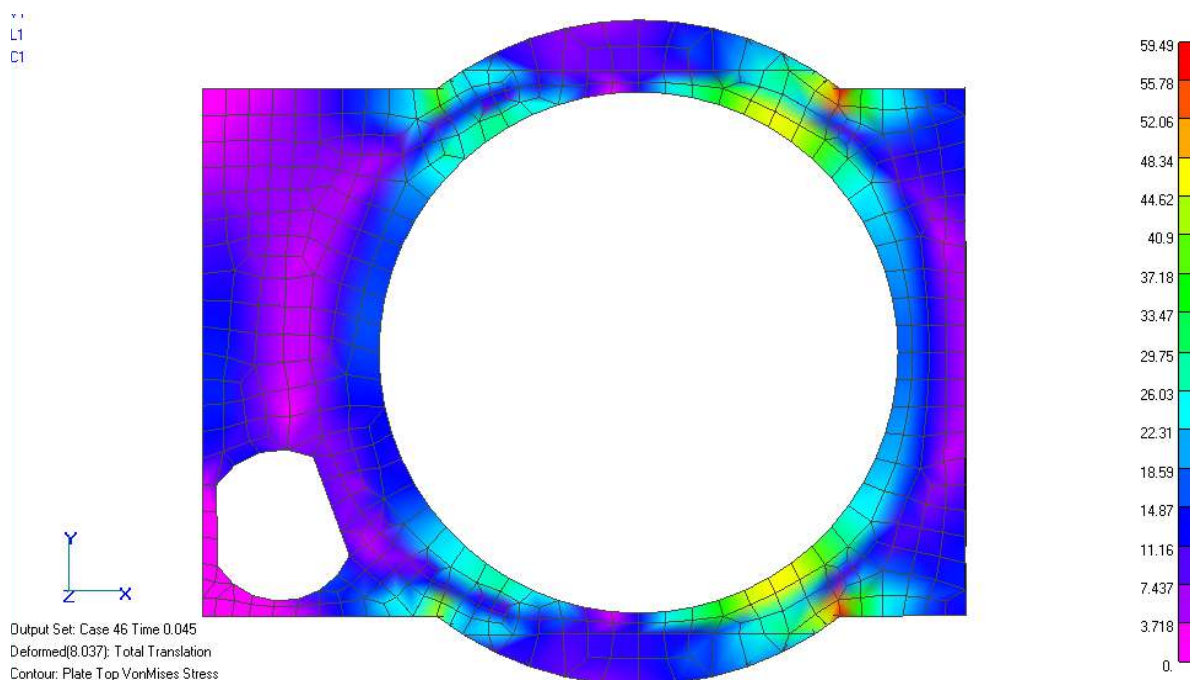
Pierwsze dwa przypadki mają na celu sprawdzenie, w jakim stopniu model częściowy odwzorowuje rzeczywisty stan wyężenia płyty podwieżowej, a tym samym określenie zakresu jego stosowalności. Trzeci przypadek ilustruje efekty oddziaływania zmienionego uzbrojenia na niezmienioną konstrukcję nośną wozu bojowego.

W procesie modernizacji czołg może być wyposażony w armaty, dostępne na rynku uzbrojenia i odpowiadające standardom, o kalibrze 105 lub 120mm. Podczas strzelania z armaty 105mm generowany jest impuls o wartości 460kN i czasie trwania 0,043s, a z armaty 120mm impuls o wartości 597kN i czasie trwania 0,049s. Z uwagi na porównawczy charakter obliczeń, wykonano je dla następujących wariantów: przy strzelaniu z nieruchomego czołgu i ustawieniu armaty na wprost (**wariant A**) oraz przy ustawieniu armaty prostopadle do osi wzdłużnej czołgu (**wariant B**). W obliczeniach pominięto tłumienie w płycie podwieżowej. Uzyskane rezultaty obliczeń przedstawiono w postaci wykresów $\sigma_H=f(t)$ i planów warstwicznych rozkładu naprężeń zredukowanych (σ_H) według hipotezy Hubera – Misesa.

Wyniki obliczeń dla wariantu A. Na rys. 3.2 przedstawiono przebiegi czasowe wyężenia wybranych elementów płyty podwieżowej a na rys. 3.3 rozkład wyężenia podczas strzelania z armaty 100 mm w chwili czasu, gdy osiągają one wartości maksymalne.



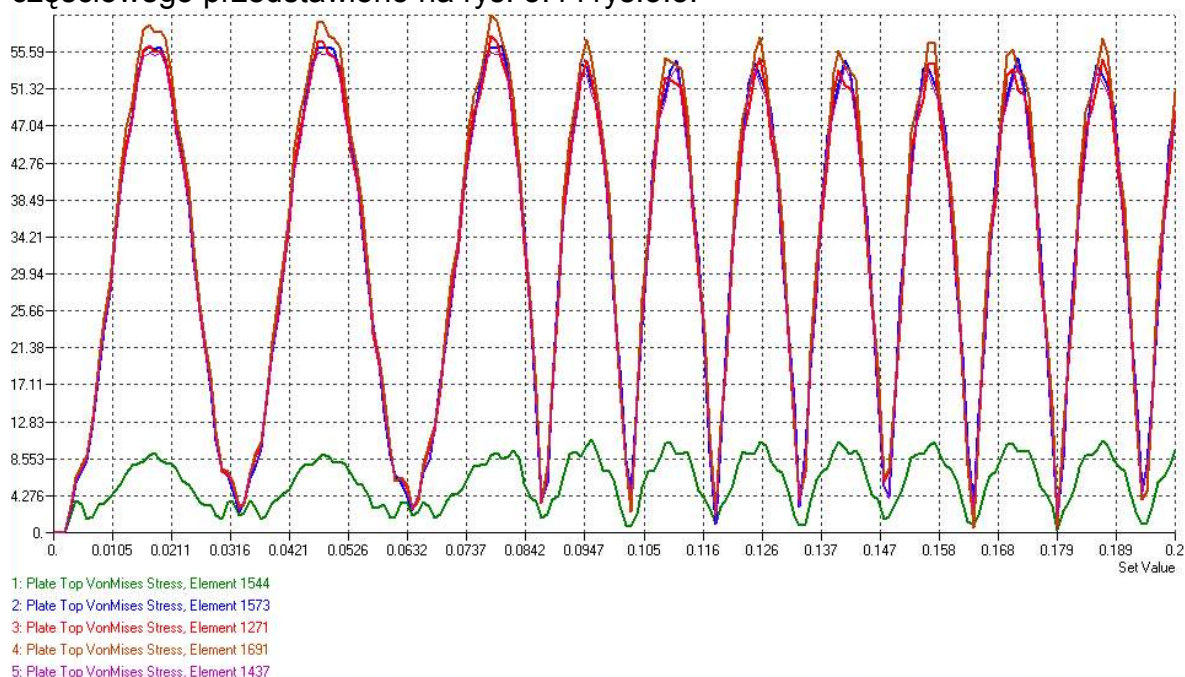
Rys. 3.2. Naprężenia $\sigma_H=f(t)$ w wybranych elementach płyty podwieżowej modelu pełnego, przy strzelaniu z armaty kaliber 100 mm.



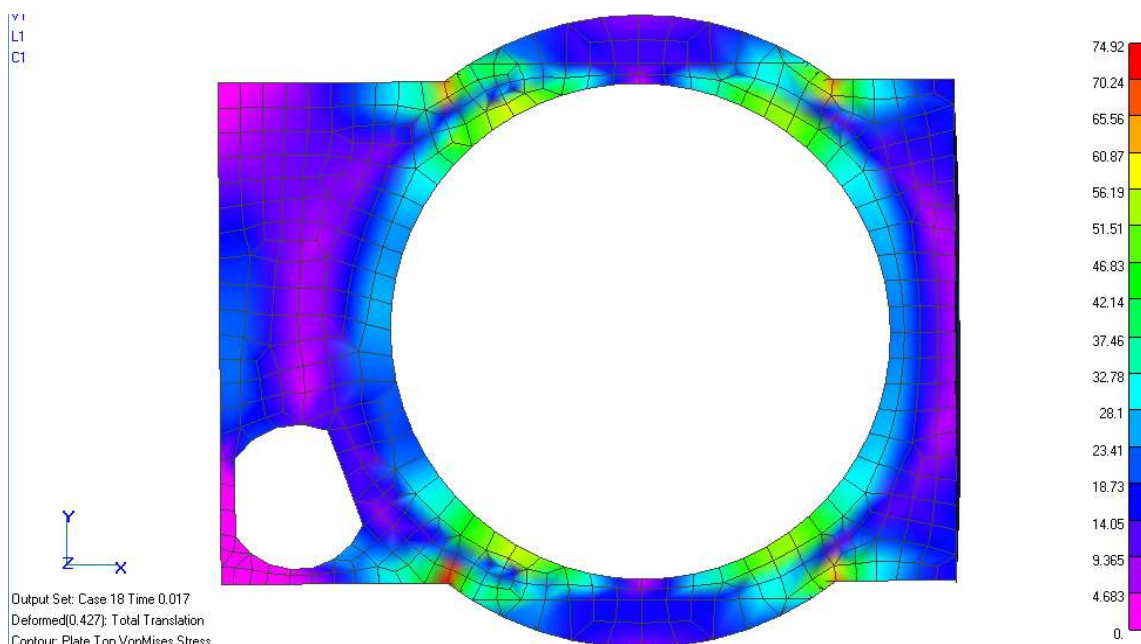
Rys. 3.3. Rozkład naprężeń zredukowanych σ_H w płycie podwiezowej modelu pełnego – $t=0,045$, kaliber 100mm.

Największe wartości przemieszczeń i naprężeń występują dla czasu równego połowie okresu drgań własnych płyty podwiezowej. Jest to zgodne z teorią dynamiki układów liniowych poddanych działaniu obciążenia impulsowego o czasie trwania większym od połowy okresu drgań swobodnych. Na rys. 3.3 widoczne są obszary o znacznym wyężeniu na poziomie $48 \div 52$ MPa, lokalnie przekraczające wartość 59 MPa. Obserwuje się również pewne zakłócenie symetrii rozkładu wyężenia spowodowane otworem pod właz mechanicz – kierowcy.

Wyniki obliczeń, dla tych samych warunków, płyty podwiezowej modelu częściowego przedstawiono na rys. 3.4 i rys.3.5.



Rys. 3.4. Naprężenia $\sigma_H=f(t)$ w wybranych elementach płyty podwiezowej – model częściowy, kaliber 100mm.



Rys. 3.5. Rozkład naprężeń zredukowanych σ_H w płycie podwieżowej modelu częściowego – $t=0,025$, kaliber 100mm.

Porównanie rezultatów obliczeń dla obu rozważanych modeli prowadzi do następujących wniosków:

- uzyskane rozkłady wyężenia są jednakowe pod względem jakościowym,
- maksymalne wartości wyężenia dla modelu częściowego są o około 25% wyższe niż dla płyty podwieżowej modelu pełnego, co wynika z tego iż część obciążenia przenoszona jest przez elementy sprężysto – tłumiące zawieszenia.

Można przyjąć zatem, że do wstępnej analizy obciążeń płyty podwieżowej pojazdu wystarczy przyjąć model częściowy, który z dobrą dokładnością określa stan wyężenia płyty podwieżowej.

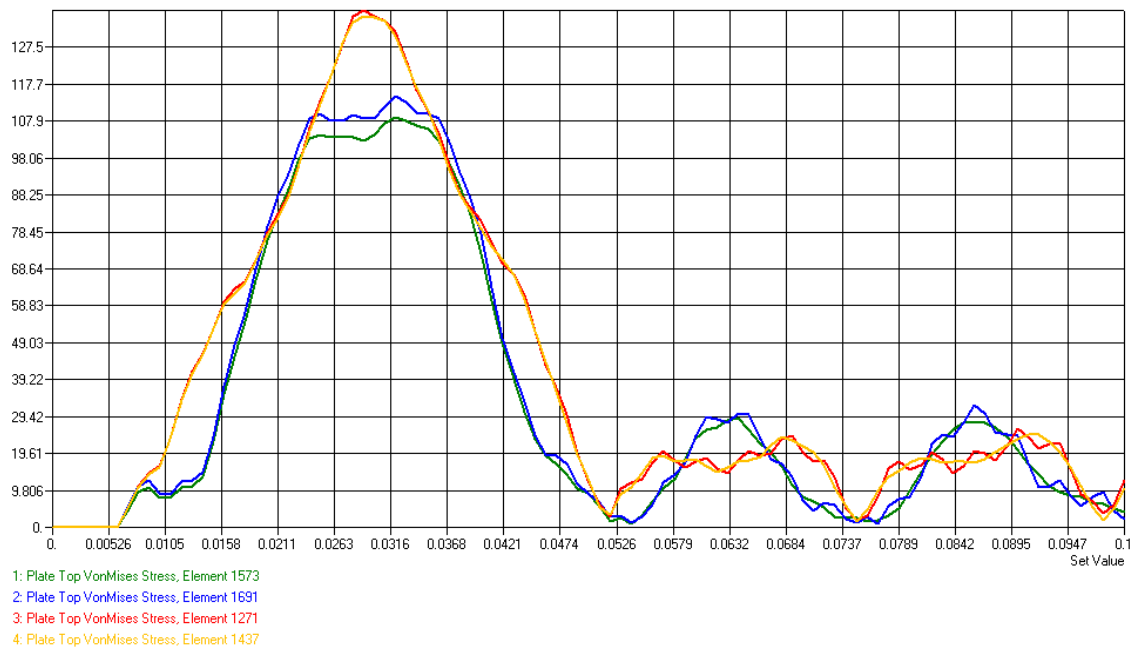
Na rys. 3.6 i 3.7 przedstawiono przykładowe wyniki obliczeń modelu pełnego przy strzelaniu z armaty o kalibrze 105mm.

Dla tego przypadku obciążenia rozkład wyężenia płyty podwieżowej nie uległ istotnej zmianie, natomiast jego poziom (w stosunku do armaty o kalibrze 100 mm) wzrósł o około 50%.

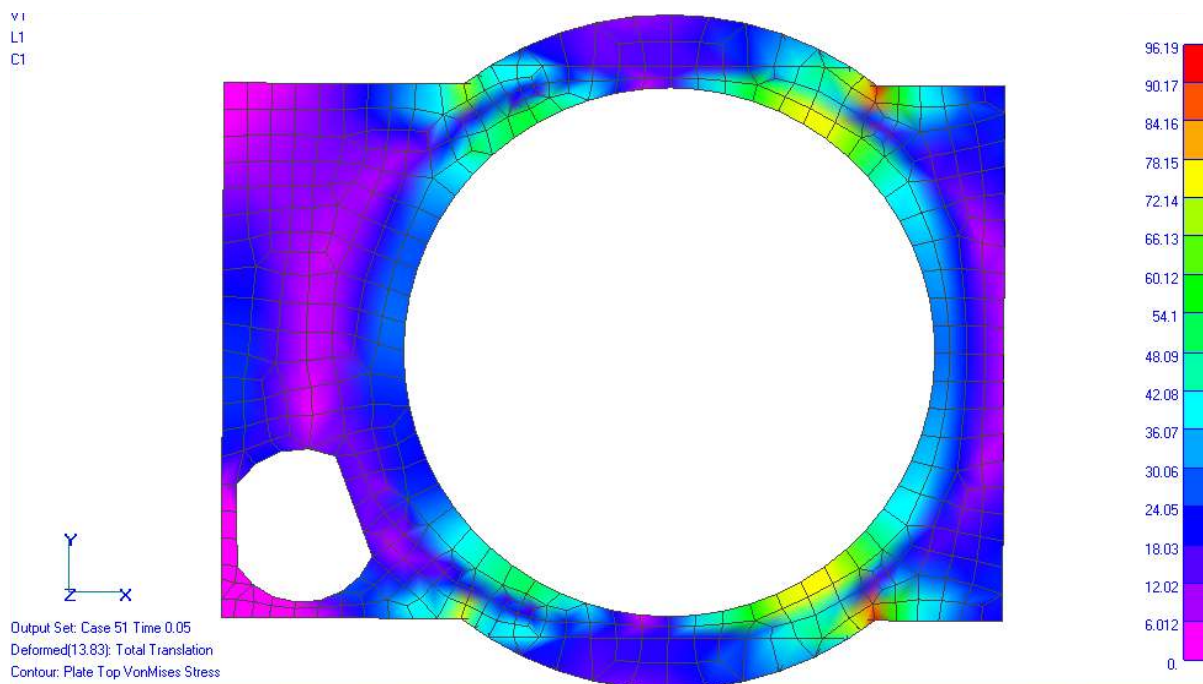
W tabeli 3.1 zestawiono maksymalne wartości naprężeń występujące w płycie podwieżowej modelu częściowego dla różnego uzbrojenia przy strzelaniu na wprost (wariant A).

Tabela 3.1. Maksymalne wyężenie w płycie podwieżowej modelu częściowego przy strzelaniu ogniem na wprost (wariant A).

Lp.	Kaliber armaty [mm]	Siła odrzutu [kN]	Naprężenia maksymalne [MPa]
1.	100	280	75
2.	105	460	123
3.	120	597	161



Rys. 3.6. Naprężenia $\sigma_H=f(t)$ w wybranych elementach płyty podwiezowej modelu pełnego, kaliber 105mm.

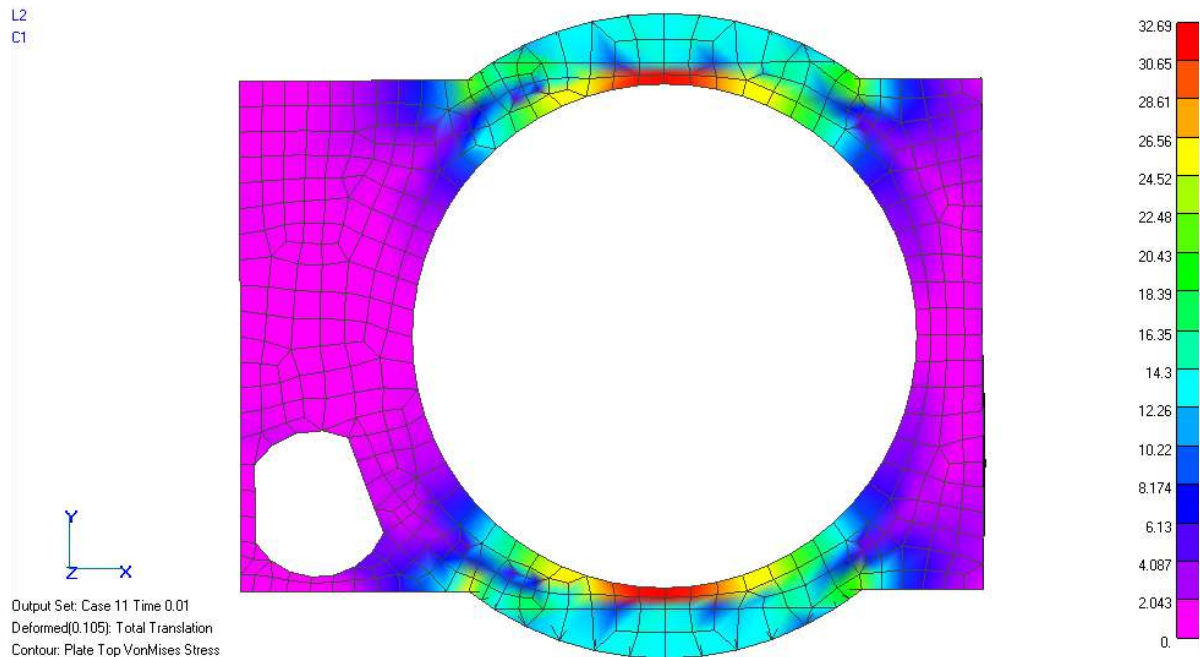


Rys. 3.7. Rozkład naprężeń zredukowanych σ_H w płycie podwiezowej modelu pełnego – $t=0,05$, kaliber 105mm.

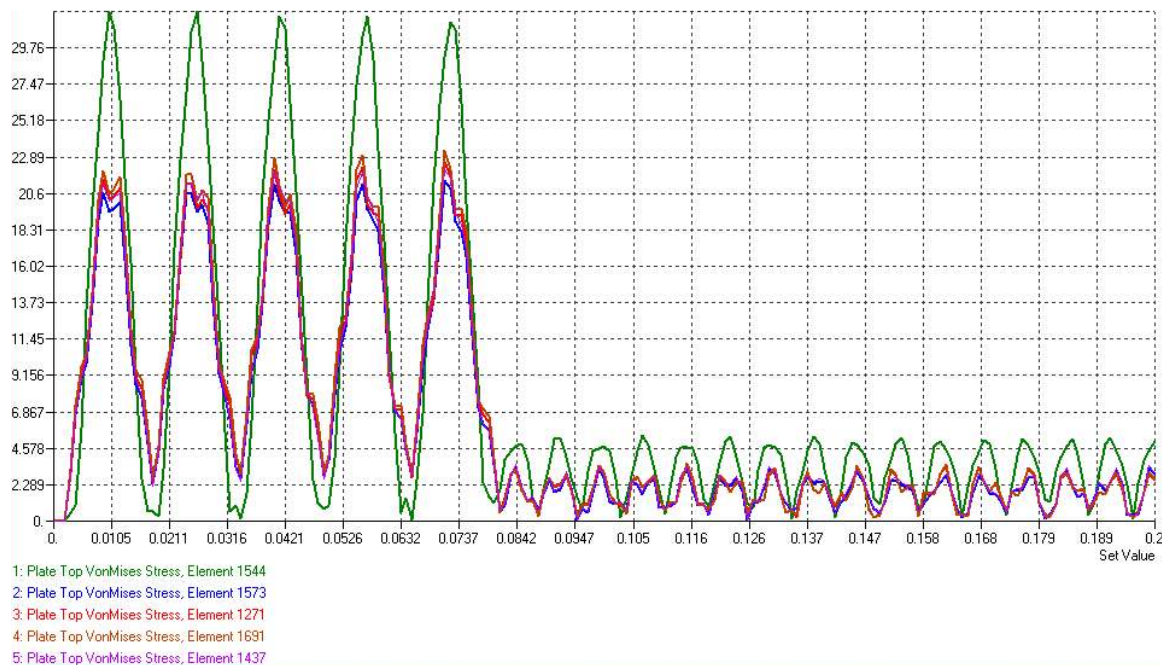
Wyniki obliczeń dla wariantu B.

Na rys. 3.8 przedstawiono przykładowy rozkład wyężenia płyty podwiezowej modelu częściowego podczas strzelania w kierunku poprzecznym do osi wzdłużnej czołgu, a na rys. 3.9 przebieg czasowy naprężeń w wybranych elementach struktury.

Rezultaty obliczeń dla pozostałych przypadków obciążenia (wartości maksymalnych naprężeń) zestawiono w tabeli 3.2.



Rys. 3.8. Rozkład naprężeń zredukowanych σ_H w płycie podwieżowej modelu częściowego przy strzelaniu w bok – $t=0,01$.



Rys. 3.9. Naprężenia $\sigma_H=f(t)$ w wybranych elementach płyty podwieżowej modelu częściowego.

Tabela 3.2. Maksymalne wyężenie w płycie podwieżowej modelu częściowego (wariant B)

Lp.	Kaliber armaty [mm]	Siła odrzutu [kN]	Napężenia maksymalne [MPa]
1.	100	280	33
2.	105	460	54
3.	120	597	70

4. Wnioski końcowe

Analiza uzyskanych rezultatów wskazuje, iż do obliczeń wstępnych korzystnym jest stosować model częściowy, który odwzorowuje najbardziej niekorzystny wariant strzelania.

Przedstawiony przykład ilustruje wagę problemu modernizacji (i zapasu modernizacyjnego) wozów bojowych oraz jej wpływ na wytrzymałość struktury nadwozia samonożnego. Problem ten musi więc być wnikliwie analizowany nie tylko ze względu na poprawę siły ognia pojazdu, ale również w aspekcie wpływu na inne cechy bojowe.

Literatura

- [1] Stańczyk T. – Metoda modeli częściowych jako podstawa tworzenia komputerowych systemów analizy dynamiki złożonych układów mechanicznych. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1994.

Praca realizowana w ramach projektu finansowanego przez KBN Nr OT00C00222