



Autorzy: Karol CHŁUS, Wiesław KRASOŃ, e-mail: kmiis@wat.edu.pl  
Instytucja: Wojskowa Akademia Techniczna, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej

**Tytuł plakatu: SYMULACJA WPŁYWU OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO I DYNAMICZNEGO NA WYTRZYMAŁOŚĆ PLATFORMY KOLEJOWEJ**

**WSTĘP**

Celem pracy jest opracowanie metodyki badań oraz modelu numerycznego platformy wagonu kolejowej, wykonanie obliczeń statycznych i porównanie wyników obliczeń z wynikami eksperymentalnymi pomiaru strzałki ugięcia rzeczywistej platformy wagonu kolejowego, wykonanie analizy dynamicznej.

Badana platforma kolejowa służy do transportu pojemników wymiennych w systemie ACTS (Abroll Container Transport System, czyli odsuwany, kontenerowy system transportowy). Istotą takiego przeładunku jest umieszczenie pojemnika na specjalnej platformie obrotowej umożliwiającej poziome przesunięcie ładunku na ciężarówkę.

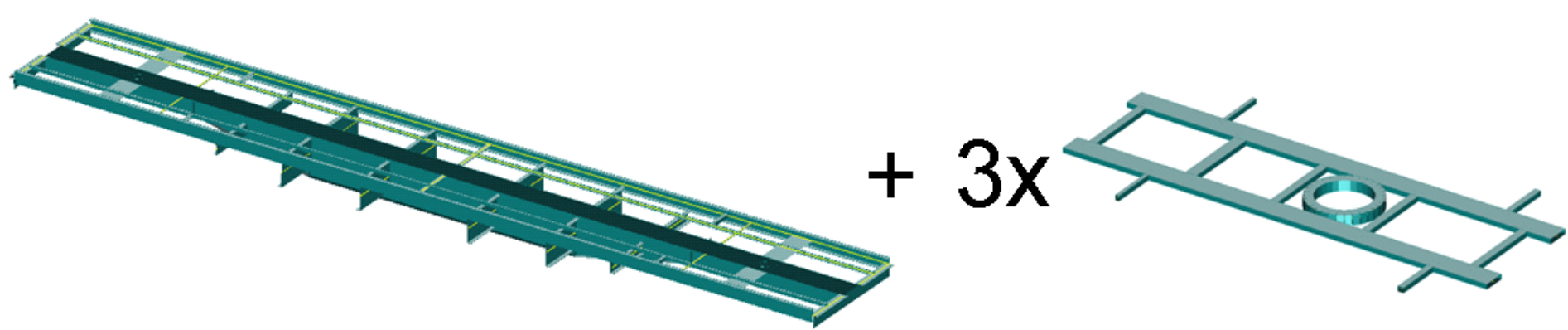
W celu wykonania numerycznych analiz wytrzymałościowych i dynamicznych metodą elementów skończonych MES zbudowano powłokowo-belkowy model 3D badanego wagonu. Dyskretny model MES wykonano za pomocą preprocesora MSC Patran a do obliczeń użyto programu MSC Nastran.

Otrzymane wyniki analizy statycznej zweryfikowano za pomocą wyników eksperymentalnych pomiaru strzałki ugięcia rzeczywistej platformy wagonu kolejowego. Zweryfikowany model użyto do analizy modalnej drgań własnych i do zmiennej w czasie analizy dynamicznej. Analizę dynamiczną sprowadzono do wykonania symulacji numerycznej najazdu wózka kolejowego wagonu na niewielką przeszkodę. Zbadano wpływ obciążenia dynamicznego na wytrzymałość konstrukcji.



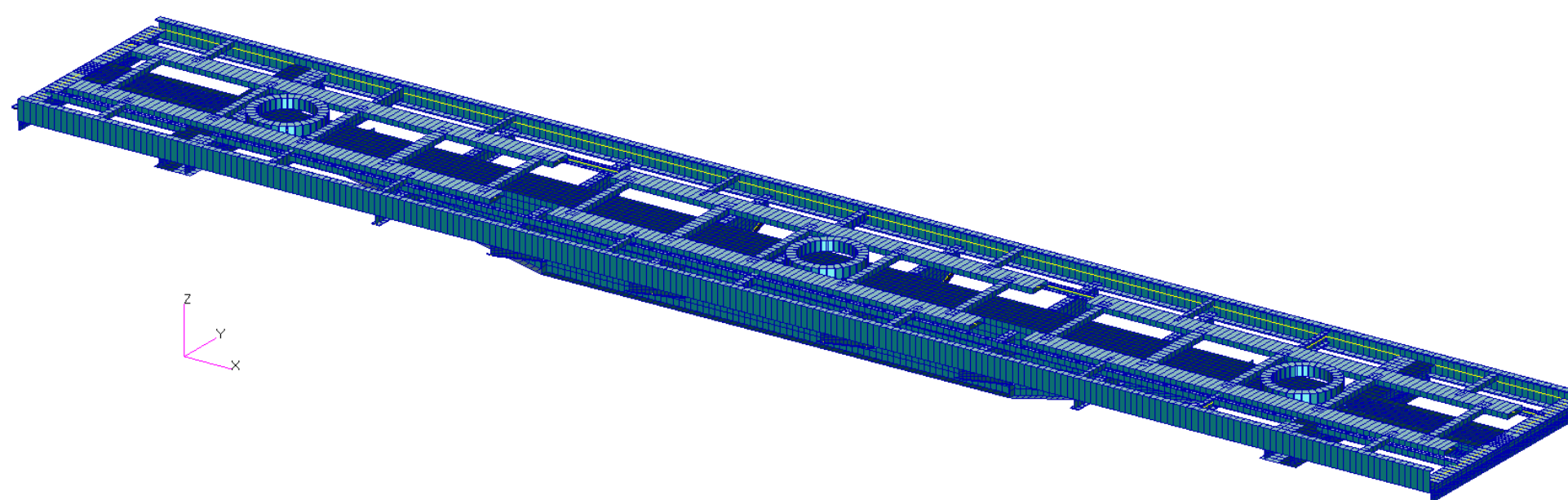
Rys. 1. Przykładowa platforma wagonu do przewozów intermodalnych w systemie ACTS

**MODEL NUMERYCZNY**

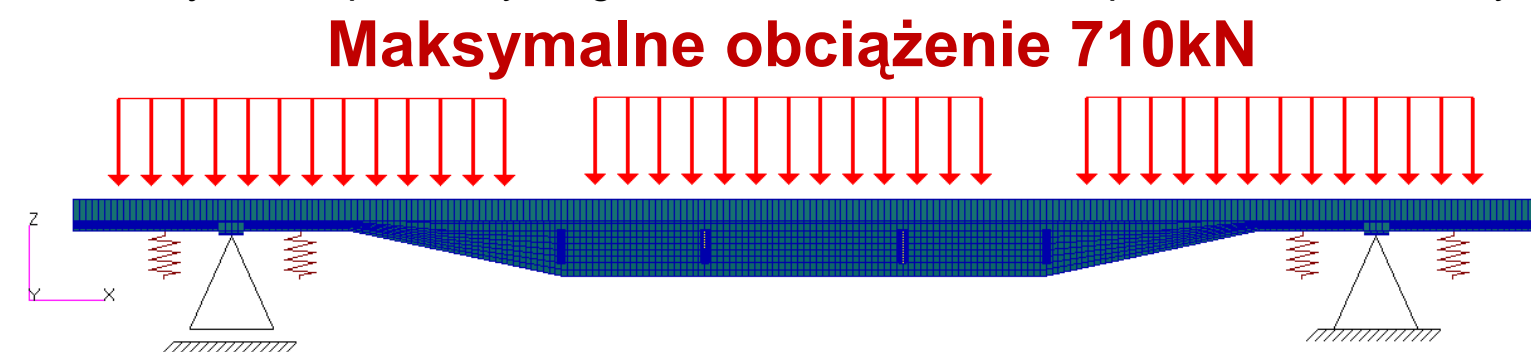


Rys. 2. Model ramy wagonu

Rys. 3. Model platformy obrotowej wagonu

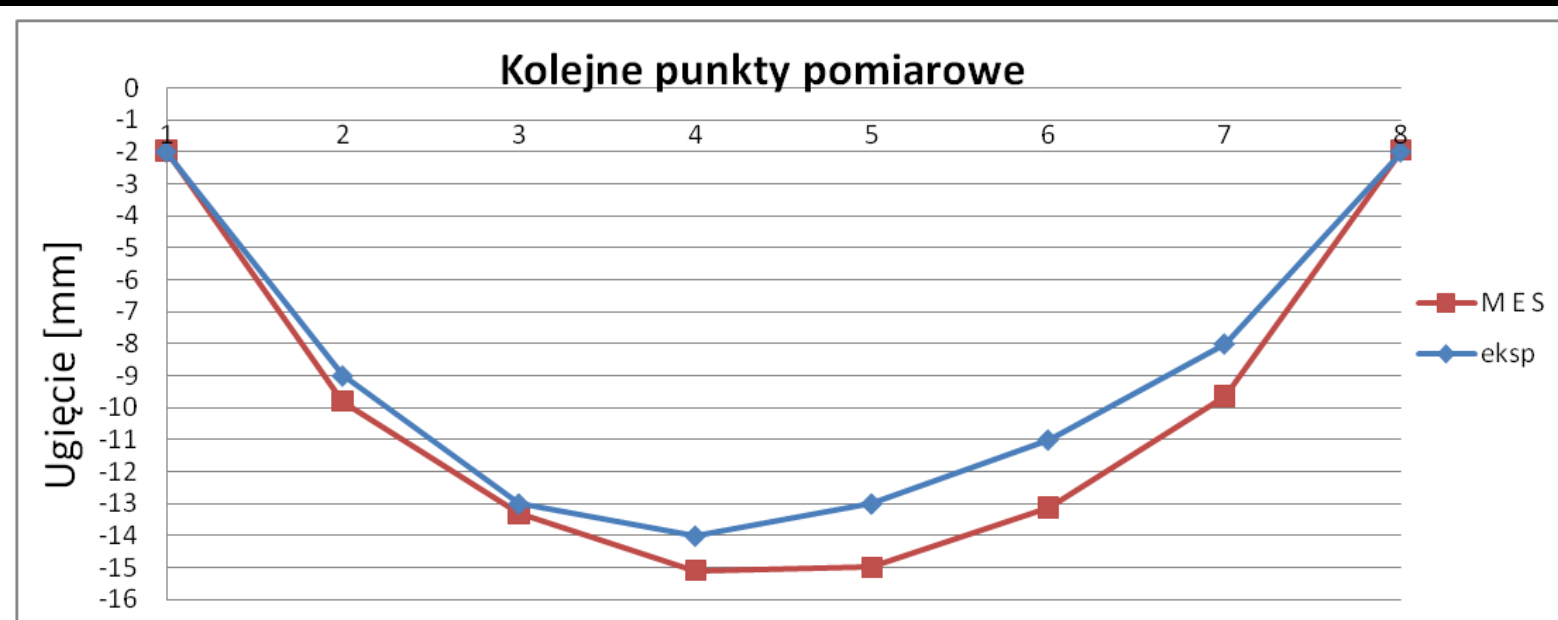


Rys. 4. Pełny model platformy wagonu : rama wraz z trzema platformami obrotowymi



Rys. 5. Model numeryczny z nałożonymi warunkami brzegowymi

**ANALIZA STATYCZNA – WERYFIKACJA MODELI**



Rys. 6. Ugięcie wagonu w kolejnych punktach pomiarowych wyznaczonych eksperymentalnie oraz obliczonych za pomocą MES

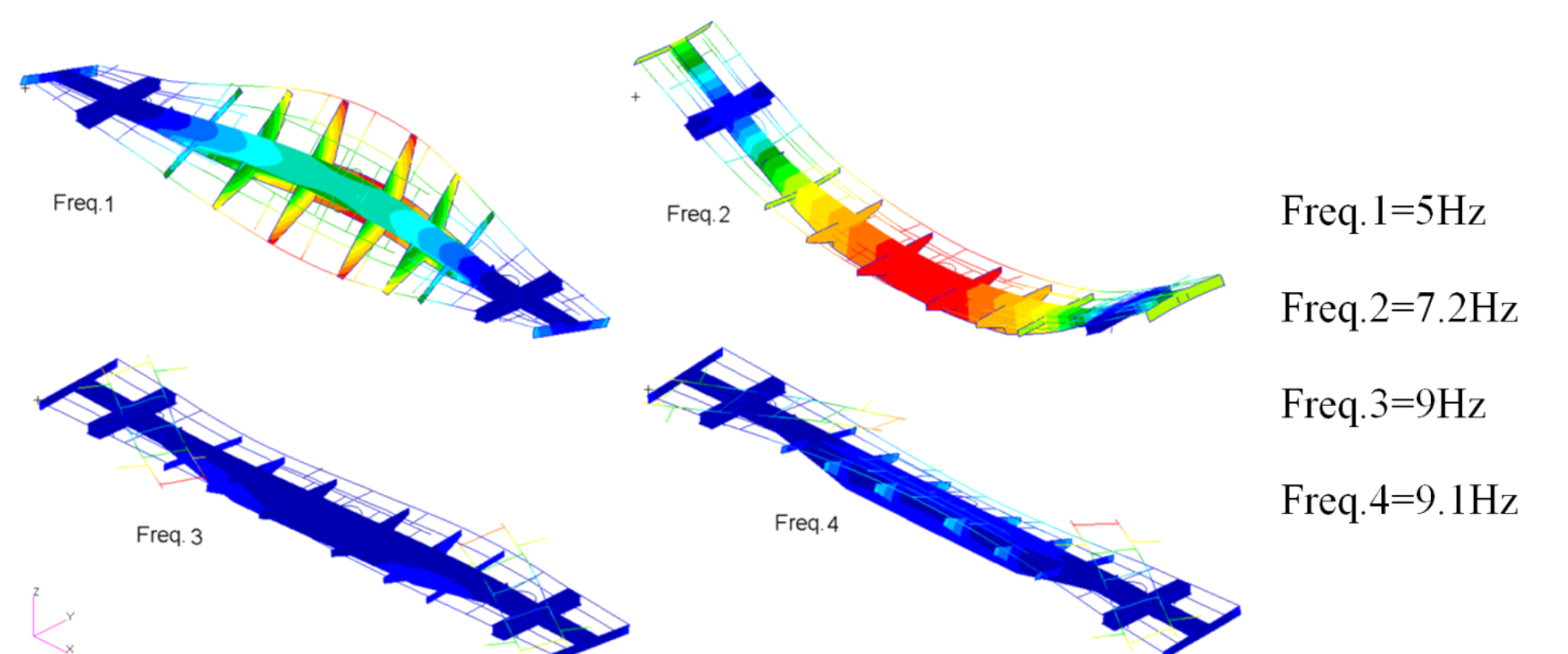
Tabela 1. Zestawienie wyników analizy statycznej i eksperymentu

Porównywana wartość	Eksperyment	MES
Ugięcie [mm]	14	15.1
Napężenia zredukowane [MPa]	$\frac{Re}{x} = \frac{350}{2} = 175$	168

Otrzymana wartość ugięcia w próbie statycznej odpowiada wartości eksperymentalnej (różnica ok. 8%). Napężenia zredukowane nie przekraczają naprężeń dopuszczalnych, których wartość  $Re/x$  wynosi 175MPa.

Na podstawie wyników z analizy statycznej możemy stwierdzić, że opracowany model jest poprawny i może posłużyć do dalszych badań wytrzymałościowych. Modele numeryczne i zastosowane warunki brzegowe poprawnie odwzorowują rzeczywistą konstrukcję badanego układu.

**ANALIZA DYNAMICZNA**



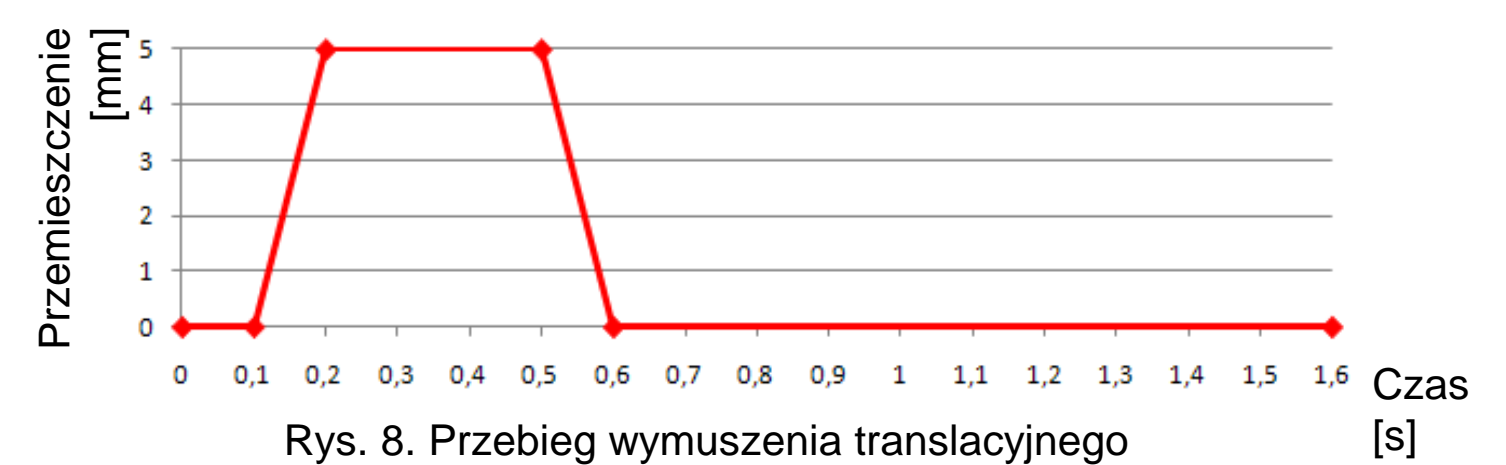
Rys. 7. Analiza modalna: kolejne postacie drgań własnych oraz częstotliwości drgań własnych

W analizie dynamicznej odpowiedź konstrukcji na wymuszenie jest obliczana poprzez bezpośrednie całkowanie równań ruchu. Podstawowe równanie ruchu uwzględnia tłumienie i wymuszenie zewnętrzne:

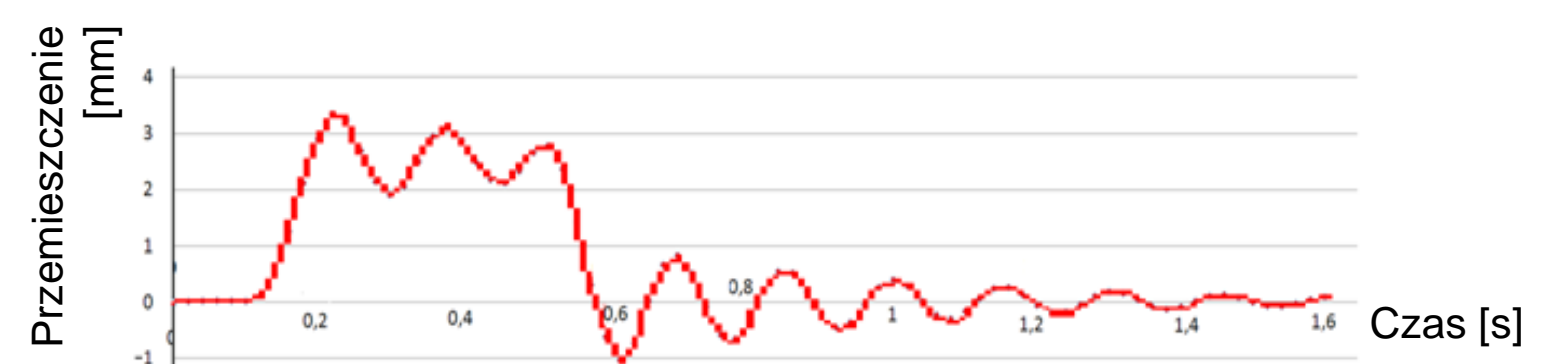
$$[B]\{\ddot{q}\} + [C]\{\dot{q}\} + [K]\{q\} = \{P\}$$

gdzie:  $q$  – przemieszczenie węzłów;  $K$  – macierz sztywności związana z przemieszczeniem;  $C$  – macierz tłumienia związana z prędkością;  $B$  - macierz bezwładności związana z przyspieszeniem;  $P$  - wymuszenie zewnętrzne.

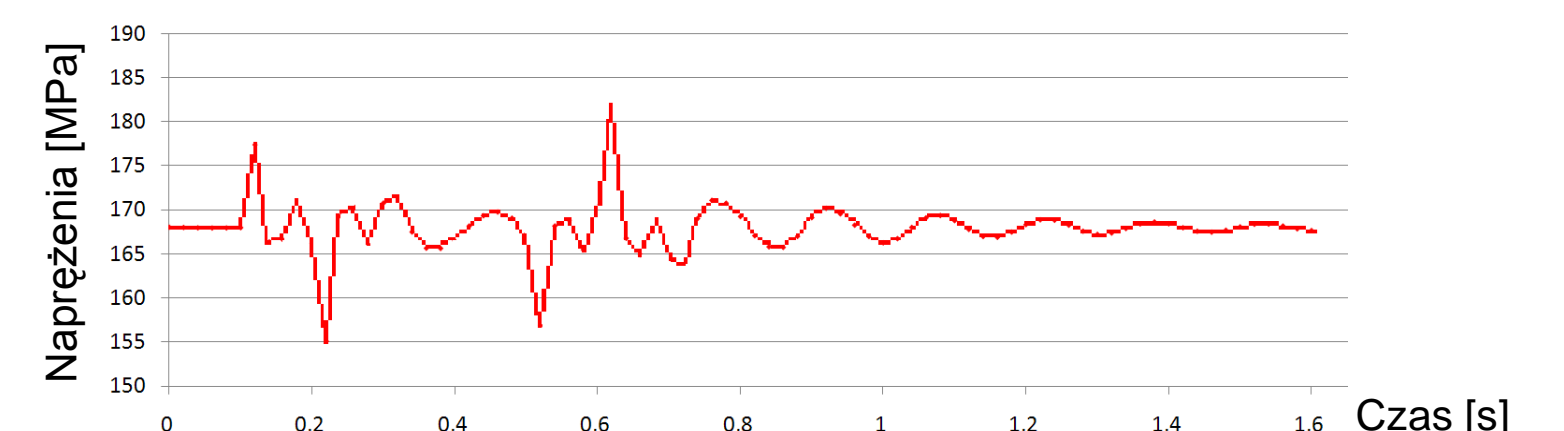
W pracy przedstawiono wyniki symulacji przejazdu wagonu kolejowego przez niewielką przeszkodę. Parametry analizy dobrano tak, aby odwzorowały hipotetyczny najazd przednich wózków wagonu na przeszkodę o wysokości 5mm. Na rysunku 8 pokazano przebieg wymuszenia translacyjnego w czasie dla elementów podpory lewej, dla których przyłożono wymuszenie translacyjne. Na rysunku 9 przedstawiono zmianę przemieszczeń pionowych dla węzła środkowego w połowie długości wagonu. Na rysunku 10 przedstawiono zmianę naprężeń zredukowanych dla najbardziej wyężonego elementu konstrukcji.



Rys. 8. Przebieg wymuszenia translacyjnego



Rys. 9. Przemieszczenie pionowe dla węzła środkowego w połowie długości wagonu



Rys. 10. Napężenia zredukowane dla najbardziej wyężonego elementu konstrukcji

**WNIOSKI**

Na podstawie charakterystyk przemieszczeniowych i naprężeniowych zbadano wpływ wymuszenia zmiennego w czasie na ugięcie i wyężenie elementów konstrukcyjnych wagonu. Maksymalne ugięcie i naprężenia zredukowane zaobserwowano podczas zjazdu wózka kolejowego z przeszkody. Wartość ugięcia w tym przypadku wyniosła 16.1mm, natomiast wartość maksymalna naprężeń zredukowanych wyniosła 182 MPa (w próbie statycznej wartość ta wynosi 168MPa)