

Analiza wytrzymałościowa ramy nośnej pojazdu z użyciem typowych systemów CAD/CAE

Strength analysis of the vehicle frame bearer with the use of typical CAD/CAE systems

WALDEMAR DUDDA *

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.125

W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania typowych systemów CAD/CAE do modelowania i analizy wytrzymałościowej. Zasadniczą część pracy dotyczy statycznej i dynamicznej analizy ramy nośnej pojazdu terenowego.

SŁOWA KLUCZOWE: rama pojazdu, modelowanie, naprężenie

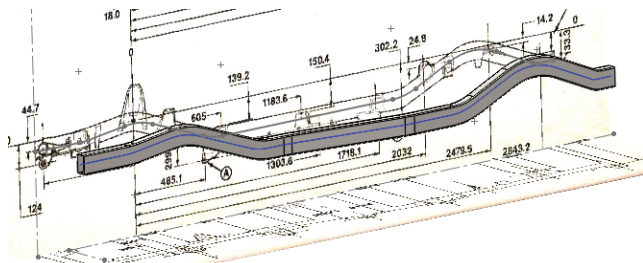
The paper presents the usability of typical CAD/CAE systems for modelling and stress analysis. The main part of this paper constitutes the static and dynamic analysis of the off-road vehicle frame.

KEYWORDS: vehicle frame, modelling, stress

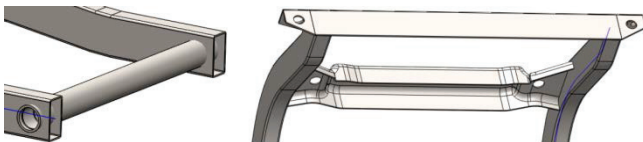
Model numeryczny ramy nośnej

Obiektem analizy jest rama pojazdu terenowego Jeep Wrangler. Składa się ona z dwóch podłużnic połączonych poprzeczkami [2]. Dane techniczne oraz podstawowe wymiary do budowy modelu zaczerpnięto z dostępnej literatury [1, 3-5].

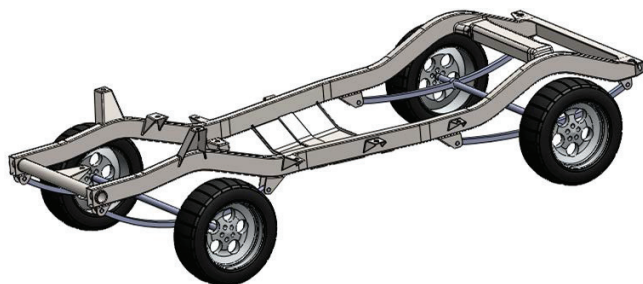
Do opracowania modelu 3D ramy wykorzystano program SolidWorks, posiadający szeroką gamę narzędzi do modelowania powierzchniowego i bryłowego. Dostępność modułów wspomagających sprawia, że program ten znacznie ułatwia analizę wytrzymałościową.



Rys. 1. Podłużnica ramy



Rys. 2. Przednie i tylne poprzeczki łączące podłużnice



Rys. 3. Końcowa postać numerycznego modelu ramy

Modelowanie rozpoczęto od wytyczenia odpowiednio wyprofilowanej linii środkowej podłużnicy, tzw. ścieżki, wzdłuż której wyciągnięto profil przekroju poprzecznego o kształcie rury prostokątnej 60×100 mm, promieniu naroża 5 mm i grubości ścianki 2,5 mm (rys. 1).

Drugą symetrycznie położoną podłużnicę uzyskano za pomocą odbicia lustrzanego. Kolejnym etapem było zamodelowanie poprzeczek łączących obie podłużnice (rys. 2).

Następnie zamodelowano wsporniki, na których osadzone są elementy nadwozia i podwozia, oraz dodano elementy resorowania przenoszące obciążenie z kół na odpowiednie wsporniki ramy. W efekcie uzyskano model obliczeniowy ramy nośnej (rys. 3).

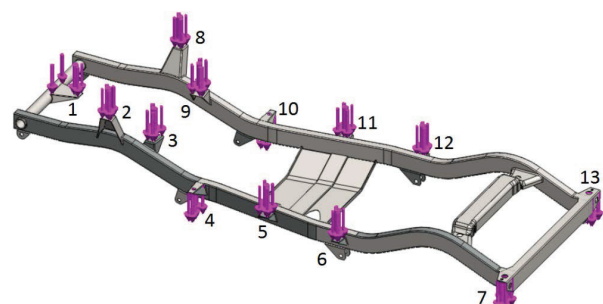
Analiza wytrzymałościowa ramy nośnej

Analizę numeryczną podzielono na dwa etapy. Pierwszy to analiza statyczna, która polegała na wyznaczeniu naprężeń wyłącznie na skutek sił ciężkości. Został tu wykorzystany dodatek SolidWorks SIMULATION, umożliwiający analizę wytrzymałościową metodą elementów skończonych (MES). Drugim etapem była analiza dynamiczna polegająca na wyznaczeniu naprężeń od sił masowych (bezwładności) podczas pokonywania przez pojazd progu zwalniającego. Do wyznaczenia tych sił posłużył dodatek MOTION, a następnie dla łącznego obciążenia wyznaczono pole naprężeń z wykorzystaniem dodatku SIMULATION.

■ Etap 1

Założono, że rama jest wykonana ze stali konstrukcyjnej niskostopowej (S235JR), o granicy plastyczności $R_e = 235$ MPa i wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 400$ MPa. Model ramy podzielono na 45 996 elementów połączonych w 92 048 węzłach. Do dyskretyzacji modelu zastosowano automatyczny generator z wykorzystaniem siatki bryłowej o wysokiej rozdzielczości. Masy poszczególnych zespołów pojazdu [3, 4] z uwzględnieniem pełnego zbiornika paliwa (70 kg) oraz czterech osób (280 kg) rozłożono na poszczególne wsporniki oraz określono odpowiadające im siły ciężkości (rys. 4), których wartości zestawiono w tabl. I.

Podparcie ramy polegało na nałożeniu więzów blokujących wyłącznie przemieszczenia liniowe środków resorów we



Rys. 4. Numeracja wsporników i rozłożenie obciążenia

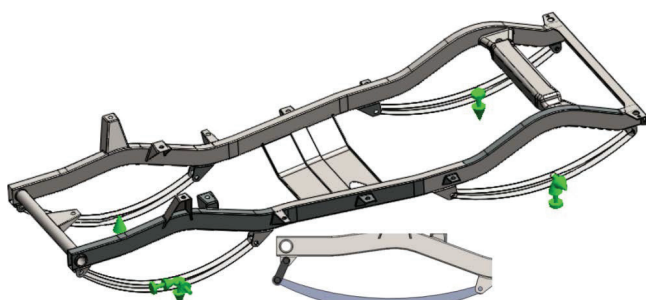
* Dr inż. Waldemar Dudda (dudda@uwm.edu.pl) – Wydział Nauk Technicznych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

TABLICA I. Wartości sił ciężkości przypadające na poszczególne wsporniki

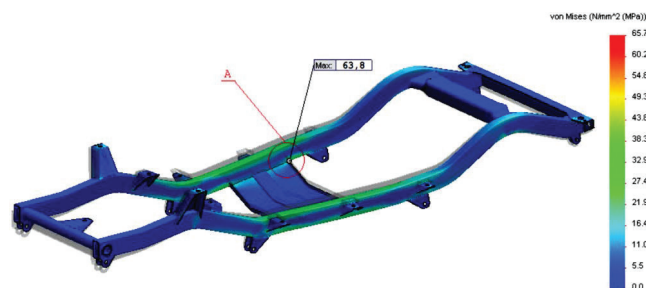
Nr punktu	1	2, 8	3, 9	4, 10	5, 11	6, 12	7, 13
Masa [kg]	43	129	82	125	98	122	105
Siła [N]	422	1265	804	1226	961	1197	1030

wskazanych na rys. 5 kierunkach. Jeden z końców każdego resoru połączono ze wspornikiem ramy przegubem walcowym, a drugi związano ze wspornikiem za pomocą kołyski i dwóch przegubów walcowych (rys. 5).

Wyniki analizy MES w postaci rozkładu naprężeń zredukowanych przedstawiono na rys. 6.



Rys. 5. Mocowanie resoru do ramy i warunki podparcia



Rys. 6. Rozkład naprężeń na skutek sił ciężkości

■ Etap 2

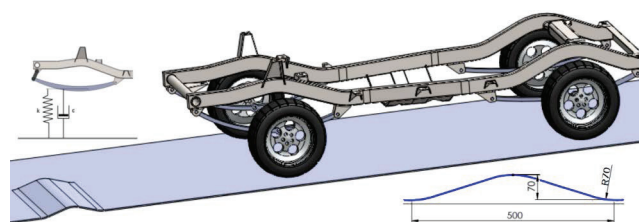
Przy użyciu dodatku MOTION wykonano symulację przejazdu lewym rzędem kół pojazdu z prędkością 20 km/h (5,6 m/s) przez próg zwalniający o wymiarach wg rys. 7.

Między ramą a podłożem zastosowano elementy sprężynujące i tłumiące o parametrach wg katalogu części zamiennych [4]. Na podstawie wyznaczonych w symulacji przyspieszeń wsporników (rys. 8) obliczono siły dynamiczne na poszczególnych wspornikach (tabl. II).

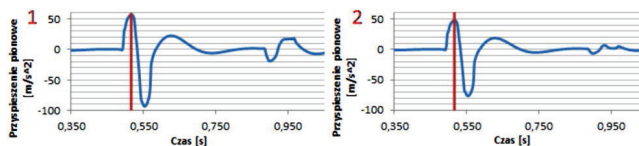
Wsporniki obciążono odpowiadającą im sumą sił dynamicznych i ciężkości. Wyniki analizy MES w postaci rozkładu naprężeń zredukowanych przedstawiono na rys. 9 i 10.

TABLICA II. Wartości sił bezwładności

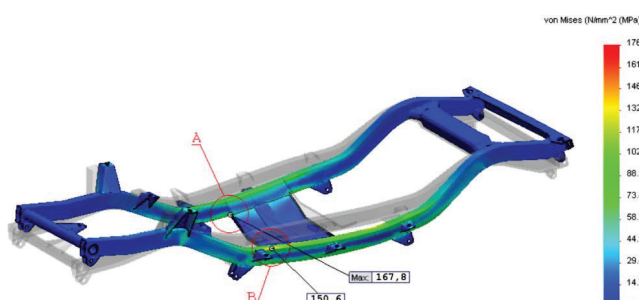
Nr punktu	Masa [kg]	Kóło przednie		Kóło tylne	
		Przyspieszenie [m/s ²]	Siła [N]	Przyspieszenie [m/s ²]	Siła [N]
1	43	30,5	1312	9,1	391
2	129	31,6	4076	2,2	284
3	82	26,8	2198	3,4	279
4	125	25,7	3213	11,3	1413
5	98	20,5	2009	18,9	1852
6	122	15,9	1940	26,8	3270
7	105	3,9	410	43,4	4557
8	129	18,8	2425	-8,8	-1135
9	82	18,9	1550	-3,3	-271
10	125	12,3	1538	-0,7	-88
11	98	6,9	676	6,1	598
12	122	-1,1	-134	7,8	952
13	105	0,2	21	4,1	431



Rys. 7. Pokonywanie przez pojazd progu zwalniającego



Rys. 8. Charakterystyki czasowe przyspieszeń dla wsporników 1 i 2



Rys. 9. Rozkład naprężeń przy pokonywaniu progu przednim kołem



Rys. 10. Rozkład naprężeń w ramie przy pokonywaniu progu tylnym kołem

Podsumowanie

Analiza wyników wskazuje, że ciężar własny wywołuje naprężenia o wartości 64 MPa w obszarze połączenia środkowej poprzeczki z podłużnicą (rys. 5), natomiast w pozostałej części ramy wartość naprężeń nie przekracza 38 MPa. Przy pokonywaniu progu przednim kołem naprężenia osiągają wartości 167,8 MPa oraz 150 MPa odpowiednio w obszarach A i B zaznaczonych na rys. 8. Natomiast maksymalne naprężenia o wartości 128 MPa przy pokonywaniu progu tylnym kołem zlokalizowano w obszarze tylnego skrajnego wspornika – szczegół A (rys. 10). Jest to zapewne skutek zastosowania profilu kąтового zamiast ceowego. Takie podejście do wyznaczania sił dynamicznych jest pewnym uproszczeniem, aczkolwiek uzasadnionym, ponieważ typowe programy nie zezwalają jeszcze na jednoczesną analizę ruchu i analizę wytrzymałościową.

LITERATURA

- Clinton „Jeep Wrangler (87-11)”. USA: Chilton, ISBN-9781563929847, 2011.
- Orzełowski S. „Budowa podwozi i nadwozi samochodowych”. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 1998.
- Weber J. „101 Jeep performance projects”. Minneapolis: Motorbooks, 2009.
- katalog.autokult.pl/car/1401,jeep-wrangler#tab_dane_techniczne.
- www.jeepforum.com/forum/f12/started-transmission-job-well-ok-complete-stroked-overhaul-1411469/index2.html.