

ZASTOSOWANIE METOD KOMPUTEROWYCH DO PROJEKTOWANIA RAM NOŚNYCH REPLIK SAMOCHODÓW – OBLICZENIA STATYCZNE

Jerzy NACHIMOWICZ*, Rafał PIESIECKI*

*Katedra Budowy i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok

nachim@pb.edu.pl, rafalpie.ha@wp.pl

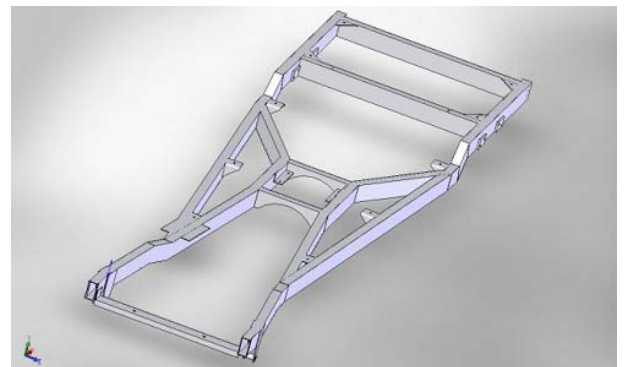
Streszczenie: Rama nośna jest jednym z najważniejszych elementów budowy replik, na której osadzone jest zwykle nieniosące nadwozie wykonane z kompozytów na bazie tworzyw sztucznych. Odpowiedzialna jest ona za przenoszenie wszystkich obciążeń oraz za bezpieczeństwo bierne użytkowników samochodu. Opracowanie w procesie projektowania konstrukcji, spełniającej wymagane kryteria wytrzymałości doraźnej, zmęczeniowej oraz oceny bezpieczeństwa biernego jest podstawą do poprawnego funkcjonowania całego pojazdu. Model geometryczny ramy, zawarty w artykule, został dyskretyzowany, przez zastosowanie powłokowych elementów skończonych, a przyłożone do niego siły, odzwierciedlają rzeczywiste obciążenia działające na ramę. Dla danego modelu przeprowadzone zostały obliczenia wytrzymałościowe przy obciążeniach statycznych oraz dla obciążeń wynikających z eksploatacji pojazdu.

1. OPRACOWANIE MODELU GEOMETRYCZNEGO RAMY I ANALIZA PRZYŁOŻONYCH OBCIĄŻEŃ

Pierwszym etapem projektowania ramy nośnej jest stworzenie jej modelu geometrycznego, spełniającego wymagania pod względem praktycznym i ekonomicznym dla danego samochodu. Dalsze obliczenia posłużą do sprawdzenia czy model konstrukcji nośnej spełniał będzie kryteria wytrzymałości doraźnej, zmęczeniowej oraz bezpieczeństwa biernego, a jeśli nie to konieczna będzie modyfikacja danego modelu. Rozpatrywany model składa się z dwóch podłużnic, które są związane ze sobą poprzeczkami oraz wzmocnieniem środkowym, który zasadniczo usztywnia ramę i dodatkowo spełnia rolę wspornika wału napędowego. W modelu tym zostały uwzględnione także wszystkie elementy odpowiedzialne za zamocowanie do ramy nadwozia oraz wszystkich podzespołów samochodu (rysunek 1). Są to elementy bardzo istotne, dzięki którym można w dokładniejszy sposób odzwierciedlić obciążenia działające na ramę w warunkach rzeczywistych. Następnie rama została obciążona siłami ciężkości, mocowanych do niej zespołów oraz nadwozia w sposób odpowiadający rzeczywistemu ich rozmieszczeniu, w samochodzie i równoważone są przez reakcje pionowe działające na ramę od strony jezdni, w miejscach mocowania zawiesznień (rysunek 2) (Rusiński, 2002; Pawłowski, 1964).

Tab. 1. Charakterystyka ramy

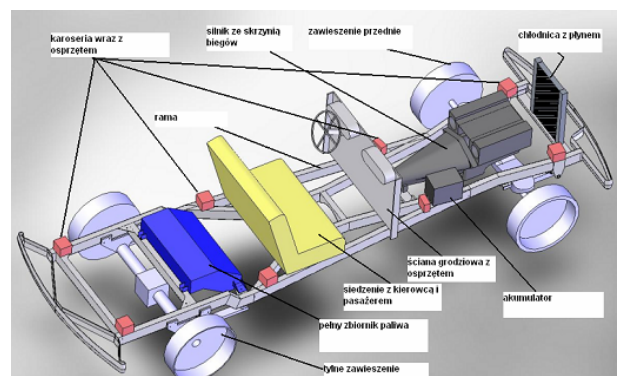
Element	Materiał	Podstawowe wymiary
podłużnice wzmocnienie środkowe tylna poprzeczka zamykająca	Profil gorąco walcowany S355J2H	Profil rurowy o przekroju prostokątnym 100x50x3 mm
przednia poprzeczka	Profil gorąco walcowany S355J2H	Profil rurowy o przekroju prostokątnym 80x30x3 mm



Rys. 1. Model geometryczny ramy

Tab. 2. Wartości dopuszczalnych naprężeń dla wybranej stali

Materiał	Re [MPa]	Rm [MPa]
S355J2H	355	490



Rys. 2. Schemat obciążenia ramy siłami statycznymi

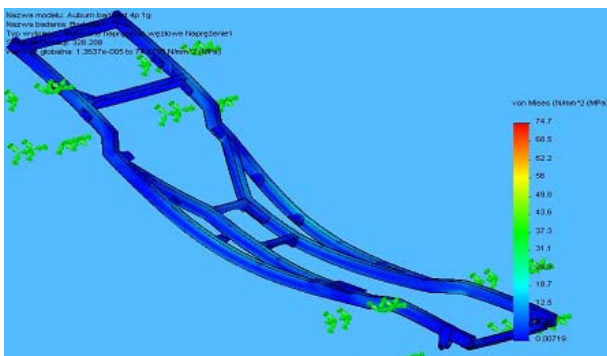
Model dyskretny ramy (rysunek 3) zbudowany jest z 7604 powłokowych elementów skończonych i 22450 węzłów.



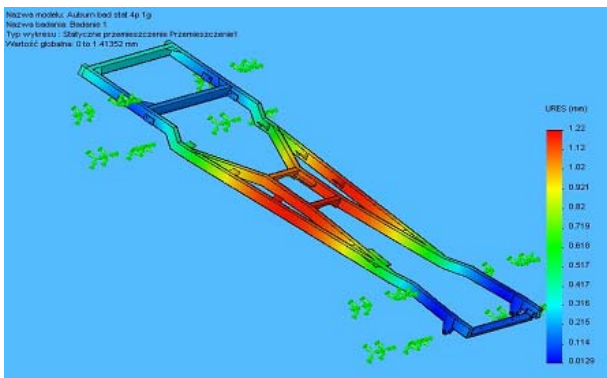
Rys. 3. Model dyskretny ramy

2. ANALIZA STATYCZNA

Po opracowaniu modelu geometrycznego ramy, jej dyskretyzacji oraz analizie sił do niej przyłożonych, przeprowadzone zostały obliczenia dla obciążeń statycznych. Jest to czynność priorytetowa, która ma na celu ocenę konstrukcji pod względem wytrzymałości z jednoczesnym zachowaniem kryterium lekkości oraz pewności działania. W przypadku tym, rama podparta została w czterech punktach i obciążona siłami odpowiadającymi rozmieszczeniu wszystkich zespołów samochodu stojącego na poziomej drodze, przy maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu. Rama poddana jest statycznemu zginaniu (Rusiński, 2002).



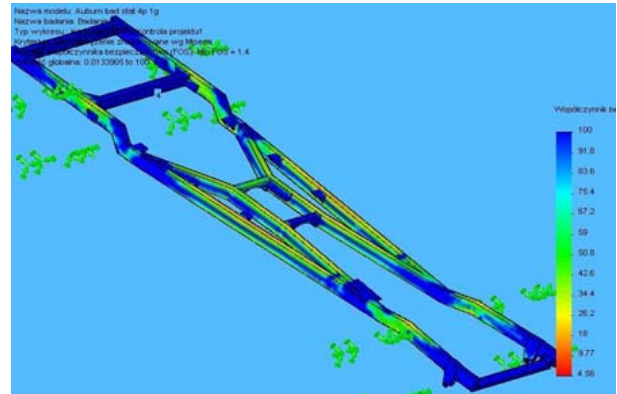
Rys. 4. Schemat rozkładu naprężeń (MPa)



Rys. 5. Schemat rozkładu przemieszczeń (mm)

Rama obciążona siłami statycznymi jest nieznacznie wyężona w środkowej części. Średnie naprężenia tam występujące wynoszą 40MPa, a maksymalne, występujące

lokalnie, sięgają wartości 74,7MPa (rysunek4). Maksymalne przemieszczenia pionowe, występujące w środkowej części ramy wyniosły 1,22mm (rysunek 5) i są to wartości porównywalne do wartości ugięć pionowych dla samochodów osobowych produkowanych seryjnie. W przypadku tego badania, współczynnik bezpieczeństwa (rysunek 6) jest duży, a co za tym idzie rama ma duży zapas wytrzymałości.



Rys. 6. Schemat rozkładu współczynnika bezpieczeństwa

3. ANALIZA DLA OBCIĄŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z EKSPLOATACJI POJAZDU

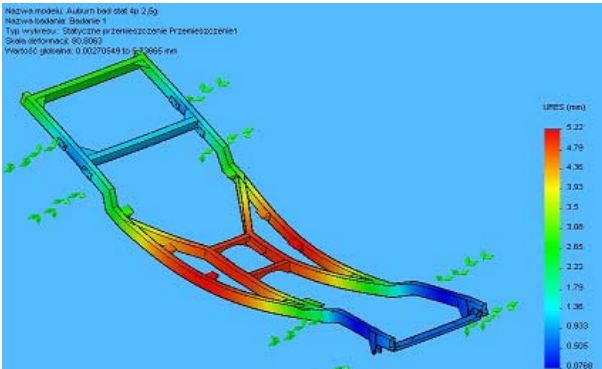
Analiza dla obciążeń wynikających z eksploatacji pojazdu, polega na zastosowaniu złożonych obciążeń jakie występują podczas jazdy. Stosowana jest dla obciążeń pionowych niesymetrycznych oraz pionowych symetrycznych (w ekstremalnych warunkach) i przy uwzględnieniu sił wzdłużnych, bocznych, a także ich wzajemnej kombinacji. Zastosowanie w konstrukcji złożonych obciążeń obliczeniowych nie może wywołać trwałych odkształceń ani uszkodzeń. Współczynnik bezpieczeństwa powinien przyjmować wartość większą od 2 (Pawłowski, 1964; Studziński, 1980).

3.1. Analiza wyężenia dla pionowych symetrycznych przyspieszeń równych 2,5g

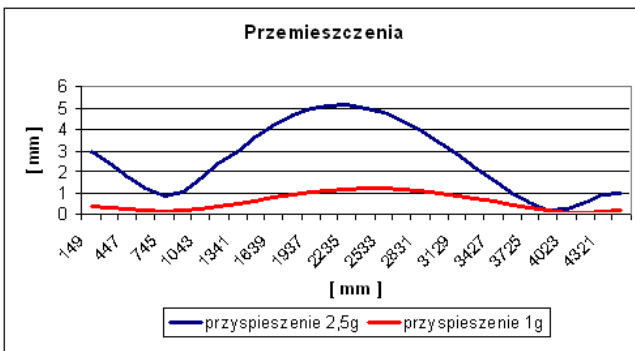


Rys. 7. Schemat rozkładu naprężeń (MPa)

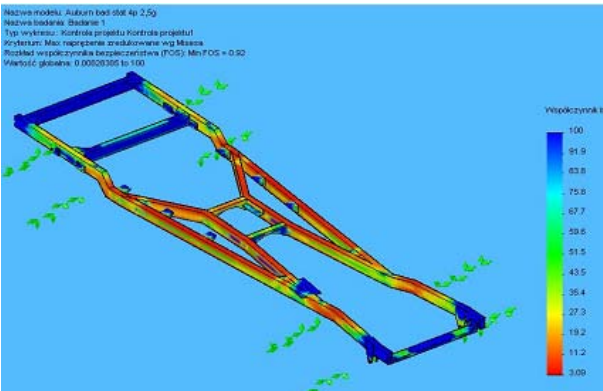
Rama została podparta w czterech punktach i jest obciążona podczas ruchu samochodu siłami bezwładności mas proporcjonalnych do masy całkowitego obciążenia własnego i przyspieszeń pionowych – w tym przypadku wartość symetrycznych przyspieszeń pionowych wynosi 2,5 g.



Rys. 8. Schemat rozkładu przemieszczeń (mm)



Rys. 9. Przemieszczenia ramy przy pionowych symetrycznych przyspieszeniach 1g i 2,5g



Rys. 10. Schemat rozkładu współczynnika bezpieczeństwa

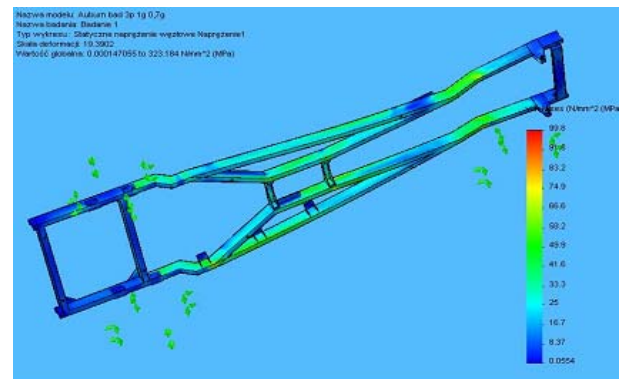
W przypadku symulacji najechania samochodem, z dużą prędkością, na gwałtowne wzniesienie, średnie naprężenia w konstrukcji wynoszą ok. 56MPa, a maksymalne, występujące lokalnie w węzłach oraz w środkowej części ramy, gdzie działa największy moment, osiągają wartości 114MPa (rysunek 7).

Maksymalne przemieszczenia wystąpiły w środkowej części ramy, które wyniosły 5,22mm (rysunek 8) i są to wartości prawie czterokrotnie większe niż w przypadku badania statycznego (rysunek 9). W porównaniu do całkowitej długości ramy wynoszącej 4500mm można stwier-

dzić, że pionowe ugięcie ramy, nie zakłuci poprawnej pracy pojazdu. Rozkład współczynnika bezpieczeństwa jest równomiernie rozłożony, a minimalna jego wartość występuje w miejscach działania maksymalnych naprężeń i wynosi 3,09 (rysunek 10).

3.2. Analiza nieswobodnego skręcania ramy

Rama podparta w trzech punktach (usunięta jedna przednia podpora). Na ramę działają siły wynikające z najechania jednym kołem na wyrwę w drodze, w czasie skrętu samochodu, z przyspieszeniem odśrodkowym $a_0=7m/s^2$ (Pawłowski, 1964).



Rys. 11. Schemat rozkładu naprężeń (MPa)



Rys. 12. Schemat rozkładu przemieszczeń (mm)



Rys. 13. Schemat rozkładu współczynnika bezpieczeństwa

W przypadku symulacji najechania prawym kołem na wyrwę w drodze, podczas jazdy samochodu na zakręcie, w lewą stronę, średnie naprężenia w konstrukcji wynoszą 50MPa, a maksymalne występujące lokalnie w węzłach, sięgają wartości 99,8MPa (rysunek 11). Maksymalne przemieszczenia występujące w przednim prawym końcu ramy wyniosły 17,4mm (rysunek 12), a tym samym kąt skreću ramy jest równy 1,5°. W przypadku tego badania rozkład współczynnika bezpieczeństwa jest względnie równomier-ny, a minimalna jego wartość wynosi 3,52 (rysunek 13).

LITERATURA

1. **Orzelowski S.** (1999), *Budowa podwozi i nadwozi samochodowych*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
2. **Pawłowski J.** (1964), *Nadwozia samochodowe*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
3. **Reimpell J., Betzler J.** (2004), *Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
4. **Rusiński E.** (2002), *Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych*, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
5. **Rusiński E.** (2002), *Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych*, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
6. **Studziński K.** (1980), *Samochód. Teoria, konstrukcje i obliczanie*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.

APPLYING COMPUTER METHODS TO DESIGN FRAMES OF REPLICAS OF CARS - STATIC CALCULATIONS

Abstract: The frame is one of the most important components of the structure of replicas, on which is usually made up of bodywork made of composites. Frames is responsible for transferring all charges and the passive safety of users of the car. The basics to correct functioning of the entire vehicle is correct designing the frame. The method which was used to calculations is MES. For this model, endurance calculations were conducted with static loads and loads which are a result of exploitation the vehicle.