

Numeryczno-doświadczalna analiza wyężenia resoru pojazdu ciężarowego parabolicznego

Mariusz Stańco¹, Artur Iluk²,

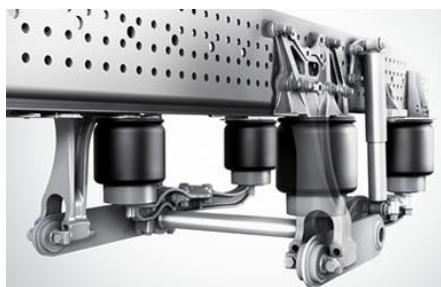
¹Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn, Politechnika Wroclawska
email: mariusz.stanco@pwr.edu.pl, artur.iluk@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE: W artykule pokazano wyniki badań doświadczalnych i numerycznych resoru parabolicznego składającego się z dziewięciu piór. Omawiany resor stosowany jest w terenowych pojazdach ciężarowych jako element zawieszenia przedniej osi. Pokazano wyniki obliczeń numerycznych przy zadanych parametrach obciążenia. Opisano sposób budowy modelu i przyjęte założenia. Opisano również stanowisko badawcze i uzyskane wyniki badań.

SŁOWA KLUCZOWE: resor paraboliczny, analiza numeryczna, wyężenie resoru, pojazdy ciężarowe

1. Wprowadzenie

W układach zawieszenia pojazdów ciężarowych stosuje się zawieszenia pneumatyczne (rys. 1) oparte na poduszkach powietrznych lub też standardowe zawieszenia oparte na resorach piórowych. Zawieszenie dobierane jest do każdego pojazdu oddzielnie. Na rodzaj zastosowanego zawieszenia ma wpływ głównie przeznaczenie pojazdu.

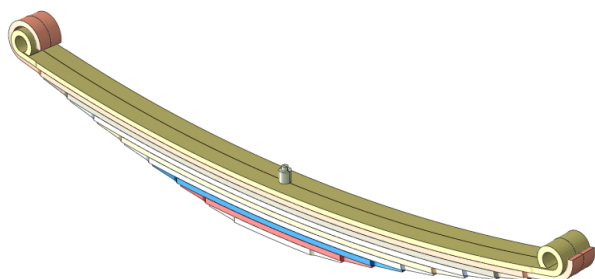


Rys. 1. Zawieszenie pneumatyczne w Mercedes Actros [1]

W pojazdach o charakterze militarnym dominują zawieszenia oparte na resorach piórowych.

2. Charakterystyka obiektu

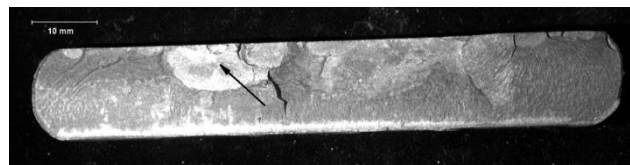
Resor piórowy poddany analizie numerycznej i doświadczalnej stosowany jest w pojazdach, które eksploatowane są w bardzo trudnych warunkach terenowych. Stosowany jest jako element sprężysty w przednich osiach pojazdów trzy i cztero osiowych. Widok ogólny resoru pokazano na rysunku 2. Składa się on z dziewięciu piór o zmiennej długości. Nominalna sztywność resoru została określona na 330 N/mm.



Rys. 2. Widok ogólny resoru

W wyniku statycznego obciążenia osi pojazdu resor ugina się o około 80 mm, co stanowi 55% jego

zakresu pracy. Podczas eksploatacji pojazdu w warunkach terenowych [2-4] pióra resoru ulegają pęknięciom doraźnym i zmęczeniowym w losowo wybranych strefach. Na rysunku 3 pokazano przykładowy przełom pióra resoru, który uległ awarii.



Rys. 3. Przełom doraźny kruchy zapoczątkowany pęknięciami eksploatacyjnymi i zmęczeniowymi (zaznaczono strzałką) z licznymi mikropeknieniami.

3. Badania eksperymentalne

W celu wyznaczenia liczby cykli, które analizowany resor jest w stanie przenieść zbudowano stanowisko badawcze, na którym w sposób kontrolowany przeprowadzono badania zmęczeniowe kompletnego resoru (rys. 4).



Rys. 4. Stanowisko badawcze

Na sztywność resoru o jego warunki pracy duży wpływ ma sposób jego zabudowy. Na stanowisku badawczym odwzorowano zamocowanie resoru na pojeździe. W części środkowej ruch piór resoru skrzepowany został jarzmem, natomiast końce resoru oparto na rolkach co pozwalało na nieskrępowaną zmianę długości podczas uginania resoru.

Badania prowadzono w sposób ciągły, sterując przemieszczeniem. Celem badań było określenie liczby cykli o maksymalnym ugięciu, które jest w stanie wytrzymać resor.

Na piórze głównym oraz na jednym z piór pomocniczych umieszczono tensometr w celu wyznaczenia odkształceń piór resoru, a następnie skorelowania otrzymanych wyników z wynikami uzyskanymi z modelu numerycznego.

Badania eksperymentalne zakończono po około 76 tysiącach cykli, gdyż zauważono pęknięcia piór po obu stronach strzemiem mocujących resor od osi pojazdu.

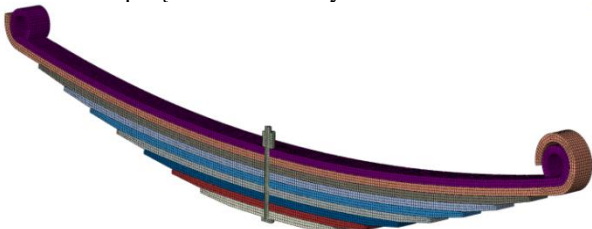


Rys. 5. Pęknięcia piór resoru na stanowisku badawczym

4. Model numeryczny

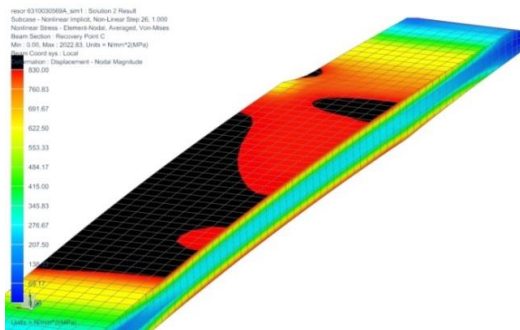
Badania doświadczalne [2-4] pozwalają tylko na punktowy pomiar naprężeń i przemieszczeń. Pełny wgląd w przestrzenne pole naprężeń i przemieszczeń można uzyskać na drodze badań numerycznych.

Wykonano numeryczny model [5, 6] resoru (rys. 6), który odzwierciedla istotne cechy geometryczne obiektu. Ze względu na występującą symetrię zarówno geometrii jak i obciążenia i utwierdzenia obliczeń dokonano dla połowy resoru z wykorzystaniem brzegowych warunków symetrii. Siły działające pomiędzy piórami uwzględniono poprzez zdefiniowanie połączeń kontaktowych



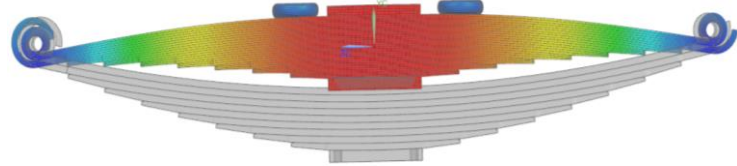
Rys. 6. Widok modelu dyskretnego resoru piórowego

W celu weryfikacji modelu numerycznego porównano otrzymane wartości odkształceń, przemieszczeń i reakcji z danymi otrzymanymi z badań doświadczalnych. Uzyskano odpowiednią zbieżność wyników (rys. 7).



Rys. 7. Warstwicę naprężeń zredukowanych wg hipotezy Hubera Misesa w piórze nr pióro nr 7

Po dostrojeniu modelu numerycznego sprawdzono również jaki wpływ na wielkość wyężenia resoru mają zamocowane na pojeździe odboje gumowe. Na rys. 8 pokazano widok modelu w pozycji początkowej i w pozycji maksymalnego ugięcia odbojów gumowych.



Rys. 8. Warstwicę przemieszczeń resoru przy maksymalnym dobieciu resoru do odboju

Otrzymane z modeli numerycznych wyniki obliczeń w postaci warstwic i wartości naprężeń, potwierdziły występowanie ich maksymalnych wartości w strefach, w których następowały pęknięcia resoru.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania eksperymentalne i numeryczne resoru parabolicznego miały na celu określenie przyczyn pęknięcia resoru podczas ich eksploatacji w trudnych warunkach drogowych. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że:

- 1) Badania doświadczalne wykazały, że trwałość resoru przy wykorzystaniu całego zakresu pracy jest ograniczona do kilkudziesięciu tysięcy cykli, co jest wartością zbyt niską dla pojazdu przeznaczonego do poruszania się w trudnym terenie.
- 2) Analizy numeryczne potwierdziły występowanie maksymalnych naprężeń w miejscach zaobserwowanych pęknięć, co wskazuje jako przyczynę przeciążenia resoru, a nie wady materiałowe.
- 3) Trwałość analizowanego resoru nie pozwala na jego wykorzystanie w pojeździe, którego zawieszenie narażone jest na dużą liczbę cykli zmęczeniowych o pełnej amplitudzie. Konieczne modyfikacja konstrukcji resoru lub zmiana zakresu jego pracy.

Opracowanie konstrukcji resoru pojazdu terenowego wymaga dokładnego scharakteryzowania profilu obciążeń, na które narażone jest zawieszenie pojazdu. Badania takiego profilu będzie przedmiotem dalszych prac.

Literatura

- [1] <http://www.mercedes-benz.pl> dostęp 26/07.2016r.
- [2] Kosobudzki M., Kowalczyk M., Stańco M.: *Aktywizacja obciążeń dynamicznych działających na pojazd generowanych przez układ jezdy*, Transport Przemysłowy, 2007, nr 4, s. 82-85.
- [3] Kosobudzki M., Stańco M.: *The experimental identification of torsional angle on a load-carrying truck frame during static and dynamic tests*. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2016; 18 (2): 285–290, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2016.2.17>
- [4] Stańco M., Kosobudzki M.: *The loads identification acting on the 4x4 truck*. Materials Today: Proceedings. 2016, vol. 3, nr 4, s. 1167-1170.
- [5] Rusiński E.: *Zasady Projektowania Konstrukcji Nośnych Pojazdów Samochodowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2002.