



## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

mgr. inż. Adama – Marka Wittka pod tytułem

### **WPLYW CZYNNIKÓW KONSTRUKCYJNYCH I TECHNOLOGICZNYCH NA TRWAŁOŚĆ STABILIZATORÓW W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH**

#### **1. Charakterystyka tematyki rozprawy**

Rozwój współczesnej techniki obecnie bazuje się na przeprowadzeniu badań numerycznych i laboratoryjnych, które poprzedzają produkcję i dalsze badania eksploatacyjne. W szczególności to dotyczy transportu samochodowego, gdzie jest nadzwyczaj wysoka konkurencja pomiędzy firmami – producentami pojazdów. Osiągnięcia w tej branży możliwe są tylko na podstawie wdrożenia najnowszych osiągnięć nauki. Z drugiej strony, obniżenie masy oddzielnych elementów konstrukcji samochodu, lub zwiększenie trwałości takich elementów może przynieść producentowi wielomilionowe zyski.

Jednym z takich ważnych elementów samochodów są stabilizatory. Te elementy mają wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji samochodu, na stabilność jego ruchu, na dynamikę, dlatego znaczenie tego elementu jest bardzo duże. Z drugiej strony producenci proponują różne techniczne rozwiązania dla tej części. Mogą to być różne konstrukcje, materiały, technologie produkcji, sposoby mocowania i inne. Wszystko to ma wpływ na trwałość i niezawodność eksploatacji tego elementu.

Oczywiście, że wymienione czynniki powinny być uwzględniane przy przeprowadzeniu obliczeń i badań. Wszystko to jednak komplikuje zadanie i wykonać podobne badania jest bardzo trudne. Zwykle dla przeprowadzenia takich

badani wykorzystywano klasyczne metody wytrzymałości materiałów dla obliczeń, a także porównywalnie proste eksperymentalne badania wytrzymałościowe.

Autor pracy doktorskiej podjął poważne wyzwanie – na podstawie najnowszych osiągnięć nauki i techniki opracować ogólną metodę oceny trwałości stabilizatorów o różnej konstrukcji. W świetle wyżej wskazanego taki temat jest bardzo aktualny. Praca doktorska mgr inż. Adama – Marka Wittka poza aspektami badawczymi ma bardzo istotne cechy użytkowe, co stanowi poważną zaletę podjętych badań.

## **2. Omówienie treści rozprawy**

W recenzowanej rozprawie doktorskiej Autor przeprowadził badania wielu konstrukcji geometrycznych stabilizatorów samochodowych pełnych i drążonych. Na podstawie tych badań wyłoniono cechy charakterystyczne każdej konstrukcji i został wyznaczony poziom trwałości. Można wnioskować, że została opracowana kompleksowa metoda oceny wpływu cech konstrukcyjnych i technologii wykonania na trwałość wskazanych części samochodów.

Praca została napisana na 216 stronach i zawiera 12 części. Właściwie podstawowe badania opisane są w częściach 5 - 10. Inne części zawierają krótki wstęp, obszerny przegląd literatury, tezę i cel pracy, krótką analizę wyników, wnioski końcowe i spis literatury.

W tym miejscu warto zwrócić uwagę na zbyt dużą objętość pracy. Oczywiście jest to związane z wielowątkowością przeprowadzonych badań. Ale część zawartych w pracy tekstów jest zbędna. Na przykład, informacje zawarte w rozdziale 2.2. „Hipotezy wytężeniowe – analiza naprężeń”, są zbędne, bo nic nowego nie wnoszą i można znaleźć je w literaturze z wytrzymałości materiałów. Podany spis rysunków i tablic zawiera 12 stron, ale te wszystkie informacje są tylko powtórzeniem tego, co już jest w podstawowym tekście.

Wszystko zależy od podejścia. Oczywiście, że jest bardzo dobrze, kiedy Autor pozycjonuje siebie i własne badania przy pomocy przeglądu literaturowego. Ale jeżeli traktować ten przegląd jak swojego rodzaju rozszerzony wstęp, to w

recenzowanej pracy taki wstęp wraz ze spisami treści, rysunków, tablic i oznaczeń zawiera ponad połowę całej zawartości!

Teraz rozpatrzmy części, które zawierają właściwą istotę pracy. Część piąta pracy jest poświęcona wykorzystaniu metody elementów skończonych do wyznaczenia naprężeń w stabilizatorach różnych konstrukcji poddanych obciążeniu statycznemu. Autor przeanalizował wpływ na dokładność obliczeń różnych gęstości i rodzajów siatek MES. Uwzględnił szczególne warunki brzegowe. Do obliczeń wykorzystał różne programy MES. Warto tutaj zwrócić uwagę, że dla większości rysunków Autor skupia się na redukowanych naprężeniach wg. teorii Hubera-Misesa-Hencky'ego. Przy tym zwykle Autor nie podaje rozszyfrowania o jakie naprężenia właśnie chodzi. Tylko na samym rysunku można przeczytać, że chodzi o ww. naprężenia. Wg. tradycji niemieckiej Autor w większości przypadków nazywa te naprężenia naprężeniami zastępczymi wg. Misesa. W kilku miejscach pracy Autor pisze o naprężeniach zastępczych wg. Misesa / Hubera. Oczywiście, że w tym przypadku warto mieć podejście bardziej precyzyjne. Znacznie mniejszą uwagę Autor poświęca innym hipotezom wytrzymałości materiałów, a także innym charakterystykom stanu naprężeń i odkształceń, właśnie deformacjom i przemieszczeniom. Autor także wykonał obliczenia numeryczne wg. innych kryteriów i porównał otrzymane rezultaty z wynikami obliczeń wg. klasycznych metod wytrzymałości materiałów.

W następnej części Autor wykorzystuje opracowane podejście na podstawie MES do analizy wpływu profilu gięcia na ogólny stan naprężeń i odkształceń. Autor przekonująco udowadnia, że przy optymalnym doborze profili stabilizatorów, a w szczególności stref gięcia, można w znacznym stopniu obniżyć wartości naprężeń w strefach krytycznych.

Duże znaczenie dla dalszej pracy stabilizatora ma technologia jego produkcji. Podczas formowania tej części występuje zjawisko owalizacji poprzecznego przekroju. W szczególności dotyczy to stabilizatorów drążonych. W części siódmej Autor przy pomocy MES rozpatrzył ww. zjawisko dla gięcia stabilizatorów rurowych na zimno i na gorąco.

efektywnych konstrukcji, które będą mieć mniejszą masę, będą bardziej wytrzymałe i odporne na zniszczenie zmęczeniowe. Opracowane metody badania pozwalają także na udoskonalenie technologii produkcji stabilizatorów. Oczywiście jest, że zaproponowane metody mogą być rozwinięte dalej i wykorzystane do seryjnej produkcji nie tylko stabilizatorów, ale i innych części pojazdów samochodowych.

Z drugiej strony w tak obszernej pracy nie mogło obejść się bez oddzielnych błędów lub niedokładności. Chcę podkreślić od razu, że niżej wymienione błędy nie mają istotnego znaczenia dla ogólnej pozytywnej oceny pracy.

Wśród tych uwag warto wymienić między innymi: Wykorzystanie teorii Hertza dla analizy śrutowania (s. 107) jest nieuzasadnione. Teoria Hertza przewiduje, że współpracujące się ciała są ciałami sprężystymi. Przy śrutowaniu istotne znaczenie mają odkształcenia plastyczne. Oprócz tego teoria Hertza stworzona przy dopuszczeniu, że strefa kontaktu jest porównywalnie mała względem ogólnych wymiarów ciał (model półprzestrzeni). Dla śrutowania takie dopuszczenie nie pasuje.

Wzory (5) i (9) są bardzo podobne i różnią się tylko parametrem  $a$ , ale co to jest Autor nie wytłumaczył. W zasadzie na tych stronach (s. 19-22) Autor zajmuje się wyznaczeniem sztywności stabilizatorów. W dalszych częściach pracy Autor bardzo prawidłowo podkreśla, że promienie gięcia mają bardzo duże znaczenie. Tym nie mniej na rys. 2.7 – 2.12, gdzie są rozpatrywane konstrukcje stabilizatorów i gdzie podano podstawowe ich wymiary, promieni brak. To samo dotyczy wzorów dla sztywności. Autor powołuje się tylko na znane formuły, ale warto było w tym miejscu podkreślić znaczenie promieni, których podane wzory niestety nie uwzględniają.

Choć wg. recenzenta obszerny spis rysunków i tablic był zbędny, o czym mówiono wyżej, podany spis oznaczeń był niewystarczający z jednej strony, a z drugiej bardzo niewygodny, bo nie w porządku alfabetycznym. Skutkiem tego było to, że wiele oznaczeń wykorzystanych w pracy nie wytłumaczono ani w tekście, ani w ww. spisie. Przykładem tego mogą służyć parametry  $V_k, G_1, G_2, \tau_f$  na stronie 108, lub parametr  $C_p$  na stronie 111.

Niestety trzeba poddać krytyce postawioną tezę pracy. Pierwsze zdanie tezy jest położeniem oczywistym i nie wymaga udowodnienia. Drugie zdanie trzeba było sformułować bardziej stanowczo, np. uwzględnienie cech geometrycznych, takich jak stosunek promieni gięcia stabilizatorów do ich średnic oraz parametrów wytrzymałościowych wybranego materiału uzyskiwanych w założonym cyklu produkcyjnym pozwala zwiększyć dokładność modelowania.

Trzeba także zauważyć, że przy symulacji procesu gięcia stabilizatorów na gorąco bardzo istotnym momentem są przepływy termiczne pomiędzy stabilizatorem a rolkami. Niestety termiczne charakterystyki rozpatrywanej stali również jak i założenia termodynamiki nie przedstawiono w wystarczającym stopniu.

Można wymienić także kilka wątków o charakterze formalnym. Np. Autor w różnych miejscach podaje wartości naprężeń w MPa lub N/mm<sup>2</sup>, co jest to samo, ale warto konsekwentnie używać MPa.

Na rys. 8.7 brakuje oznaczeń wartości na osi X. Autor także nie wyjaśnia duży rozrzut danych na rys. 8.7, 8.8.

Wiele rysunków nie zostało opisanych, np. rys. 5.7 – 5.19, a tylko podano bardzo krótkie podsumowanie ich wyników. Przykładem może być następujący wniosek (s. 125): „Definicja siatki – dokładność i zagęszczenie elementów siatki prostej prowadzi do lepszych wyników (rys. 5.7 i 5.8). Dalsze zagęszczanie siatki nie prowadzi do lepszych wyników, wręcz przeciwnie powoduje stabilizację lub zmniejszenie wartości naprężeń zastępczych (rys. 5.9 i 5.10). Zmiana rodzaju siatki z zachowaniem dokładności i zagęszczenia prowadzi do bardzo dobrych wyników obliczeniowych (rys. 5.11).” Niestety taki wniosek nie jest oczywistym i powinien być szczegółowo wyjaśniony. To samo dotyczy rysunków na stronach 188 -196.

Kilka uwag trzeba odnieść do podanego spisu literatury. Oddzielne błędy spisu, np. brak roku wydania w poz. 72, 122 i inne nie są istotne. Ale poważnym błędem Autora jest to, że Autor nie podał w ww. spisie własnych artykułów. Tym nie mniej, materiały pracy znalazły wystarczające odzwierciedlenie w wydaniach naukowych i były niejednokrotnie referowane na konferencjach naukowych w kraju i za granicą. Między innym recenzent jako redaktor naczelny Międzynarodowego czasopisma

naukowego „Transport Problems” może teraz wskazać, że cykl artykułów Autora dostał bardzo pozytywne oceny recenzentów.

## **Wniosek**

Pomimo zauważonych usterek, które nieznacznie wpływają na wartość rezultatów uzyskanych w rozprawie doktorskiej mgr. inż. Adama – Marka Wittka pt.: „Wpływ czynników konstrukcyjnych i technologicznych na trwałość stabilizatorów w pojazdach samochodowych” uważam, że Autor dość poprawnie sformułował tezę naukową, osiągnął postawione cele, złożone zagadnienia rozwiązał w sposób wskazujący na dojrzałość badawczą. Wykazał w tym znajomość podstaw wytrzymałości materiałów, metod numerycznych mechaniki i zagadnień projektowania części samochodów.

**Stwierdzam, że praca ma istotne walory poznawcze i aplikacyjne, oraz spełnia ona wymogi stawiane rozprawom doktorskim i niniejszym wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**



A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.