

Bartłomiej BEDNARZ<sup>1</sup>

Opiekun naukowy: Krzysztof PARCZEWSKI<sup>2</sup>

## **PORÓWNANIE PODATNOŚCI PROMIENIOWEJ I KĄTOWEJ TULEI WAHACZA POPRZECZNEGO DLA WYBRANYCH KIERUNKÓW PRZYKŁADANIA OBCIĄŻENIA**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono i porównano wyniki badań podatności jednej z gumowych tulei wahacza poprzecznego zawieszenia typu McPherson. Wyznaczono dwa rodzaje podatności: promieniową oraz kątową, które badano dla kierunków tulei z największą i najmniejszą ilością gumy.

**Słowa kluczowe:** tuleja, guma, podatność, wahacz

## **COMPARISON OF RADIAL AND ANGULAR STIFFNESS OF SUSPENSION ARM BUSHES FOR CHOSEN DIRECTION OF LOAD APPLICATION**

**Summary:** The paper presents and compares the results of stiffness tests of one of McPherson's suspension swing arm rubber bushes. Two types of stiffness were determined: radial and angular, which were tested for the directions of the bushes with the largest and smallest amount of rubber.

**Keywords:** bushing, rubber, stiffness, swingarm

### **1. Wprowadzenie**

W skład współczesnego samochodu wchodzi kilkaset części gumowych, których ciężar nierzadko przekracza 10% ciężaru całego pojazdu. Te setki elementów rozmieszczone są niemal we wszystkich mechanizmach samochodu. Wywierają one istotny wpływ na ich działanie, a niektóre zgoła decydują o przydatności pojazdu, jego zdolności eksploatacyjnej, ekonomiczności i komforcie. Guma jest materiałem

---

<sup>1</sup> Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: CAD/CAM, email: bednarz.bartek93@gmail.com

<sup>2</sup> prof. ATH dr hab. inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: kparczewski@ath.bielsko.pl

o szczególnych własnościach. Najbardziej charakterystyczną cechą tego materiału jest wysoka podatność na odkształcenia, wyróżniająca go wśród wszystkich innych materiałów konstrukcyjnych. Gumę można uznać za materiał praktycznie nieściśliwy, ponieważ jej liczba Poissona równa jest w przybliżeniu 0,5. Pod działaniem obciążeń elementy gumowe zmieniają kształt, nie zmieniają natomiast swojej objętości [1].

Z gumy wykonane są między innymi tuleje wahaczy pojazdów samochodowych. W analizowanym zawieszeniu typu McPherson gumowa tuleja decyduje o odchyleniu wahacza pod wpływem działania sił.

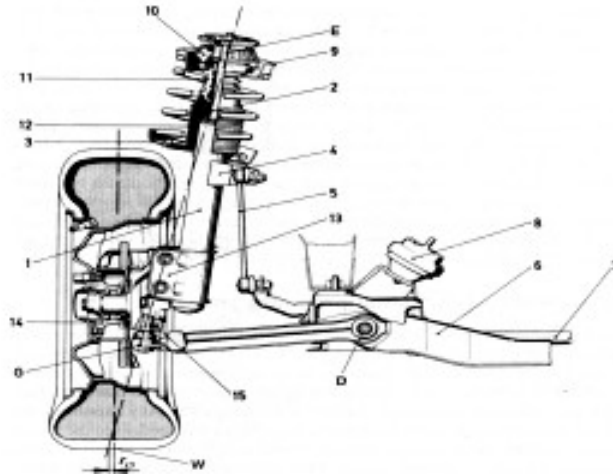
Zawieszenie z kolumnami prowadzącymi (McPherson) stanowi rozwinięcie konstrukcyjne zawieszenia z podwójnymi wahaczami poprzecznymi. Górny wahacz został zastąpiony punktem podparcia w nadkolu. Umieszczone są tu zakończenia tłoczyska amortyzatora i sprężyny. W punkcie tym są wprowadzone siły w nadwozie, we wszystkich trzech kierunkach, które z kolei obciążają tłoczysko momentem zginającym. Aby zapobiec, wynikającym z elastyczności, zmianom kąta pochylenia i kąta wyprzedzania osi zwrotnicy, średnica tłoczyska amortyzatora musiała zostać zwiększona z 11 mm (w zwykłym amortyzatorze) do co najmniej 18 mm. Przy zachowanej średnicy tłoka amortyzator ma budowę dwururową, pracuje przy nie zmienionym lub podwyższonym ciśnieniu. Główną korzyścią stosowania zawieszenia z kolumnami prowadzącymi jest to, że wszystkie elementy biorące udział w resorowaniu i prowadzeniu kół można zintegrować w jednym zespole montażowym. Elementy te przedstawiono na rysunku 1. Są to:

- dolny talerz oporowy sprężyny,
- dodatkowy element sprężysty lub odbojnik,
- ogranicznik skoku rozciągania,
- stabilizator wahliwy połączony za pośrednictwem cięgna,
- zwrotnica koła.

Zwrotnica koła może być trwale połączona z obudową kolumny przez spawanie lub twarde lutowanie albo może być przykręcana. Dalszymi korzyściami stosowania zawiesznień z kolumnami prowadzącymi są:

- mniejsze siły w punktach E i D mocowania zawieszenia do nadwozia (rys. 1),
- zmniejszenie o 3 liczby przegubów,
- możliwość lepszego ukształtowania przedniej strefy zgniotu,
- więcej miejsca z boku, w efekcie szerszy przedział silnika, dzięki czemu możliwa jest poprzeczna zabudowa silnika [4].

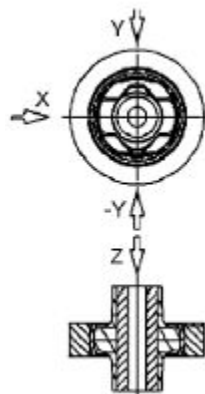
Elementy gumowe rozmieszczone są w punktach montażowych wahacza oraz w górnym punkcie mocowania amortyzatora. Podatności tych elementów pozwalają na niewielkie odchylenia ustawienia wahacza względem osi wzdłużnej i poprzecznej pojazdu. Odbojniki gumowe wpływają na zmniejszenie sił przenoszonych na nadwozie i ograniczają ruch tłoczyska amortyzatora. Na wielkości odchylenia od położenia statycznego wpływają podatności tulei gumowych wahacza.



Rysunek 1. Widok przedniego zawieszenia z kolumną prowadzącą [4]

Podatności gumowych tulei wahacza podzielić można na:

- podatność promieniową, wzdłuż kierunków x lub y układu odniesienia korpusu, gdy oś wewnętrznej średnicy tulei jest skierowana do osi z (rys. 2);
- podatność osiową, wzdłuż osi z;
- podatność kątową, wyznaczaną przez obciążenie tulei pod określonym kątem;
- podatność skrętną, mierzoną dzięki określeniu kąta obrotu gumy względem stalowego korpusu pod wpływem przyłożonego momentu [2].



Rysunek 2. Rzuty przekrojów tulei wraz z naniesionym układem odniesienia [2]

## 2. Cel i zakres pracy

Celem przeprowadzonych badań było określenie różnic pomiędzy podatnością promieniową i kątową gumowej tulei odpowiedzialnej za odchylenia wahacza poprzecznego w zawieszeniu typu McPherson.

Zakresem opracowania objęto badania podatności w wybranych kierunkach tulei. Pomiar instrumentalny obejmował określenie zmian siły w funkcji przemieszczenia.

### 3. Materiał i metody

Najwłaściwsze byłoby przeprowadzenie pomiarów własności mechanicznych w rzeczywistych warunkach pracy elementu, ale ponieważ jest to często niemożliwe, gdyż wymaga koniecznej, kosztownej aparatury, zwykle stosuje się umowne próby wykonywane przy użyciu typowych urządzeń, a tak uzyskane wyniki, w większości przypadków, dostatecznie charakteryzują własności mechaniczne materiałów [3]. Z tego powodu badania przeprowadzono w laboratorium odlewniczym Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej na maszynie ZD-20 (rys. 2). Badaniom została poddana jedna z tulei wahacza poprzecznego z zawieszenia McPherson. Dla każdego kierunku obciążania tulei przeprowadzono trzy próby. Jako wartość miarodajną podatności uznawano średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń. Podjęto się wyznaczenia podatności zdefiniowanej jako stosunek przemieszczenia do siły [5].



*Rysunek 3. Maszyna pomiarowa ZD-20*

Wykonanie pomiarów podatności tulei wahacza wymagało przygotowania stanowiska badawczego. W tym celu wykonano ceownik (rys.4), stanowiący podporę, na której umieszczano wahacz podczas serii badań.



*Rysunek 4. Przebieg jednej z prób obciążeniowych tulei*

Wyznaczenie podatności tulei, umownie nazwanej kątową, wykonano przy użyciu tego samego ceownika, ale ze skróconą jedną ze ścianek (rys. 5). Skrócenie to dobrane tak, aby uzyskać kąt  $12^\circ$  pomiędzy zewnętrzną krawędzią szczytu krótszej ze ścianek ceownika a wewnętrzną krawędzią szczytu wyższej ścianki ceownika. W ten sposób zasymulowano rzeczywistą pracę tulei podczas jazdy na zakręcie. W takim przypadku przy dociążeniu jednej strony pojazdu, maksymalne wychylenie wahacza w jednym kierunku wynosi  $\sim 12^\circ$ .



*Rysunek 5. Przebieg jednego z pomiarów podatności kątowej na ceowniku z obniżoną ścianką*

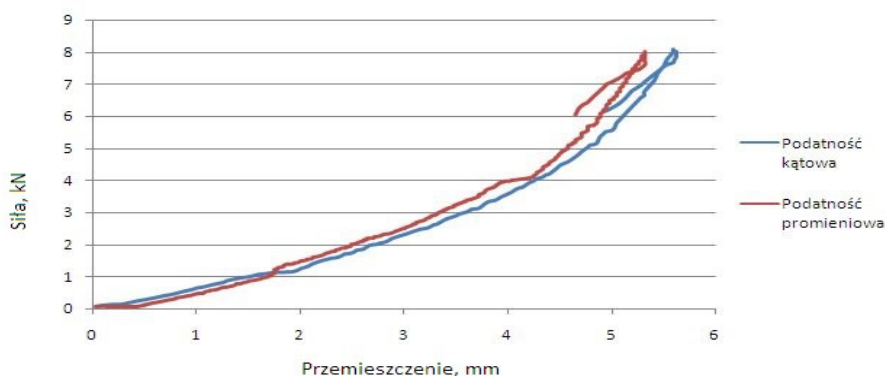
Na rys. 6 przedstawiono badaną tuleję z widocznym zróżnicowaniem ilości gumy w różnych kierunkach. Zarówno wyznaczanie podatności promieniowej, jak i kątowej wykonano dla kierunków z największą oraz najmniejszą ilością gumy.



Rysunek 6. Badana tuleja

#### 4. Wyniki i ich omówienie

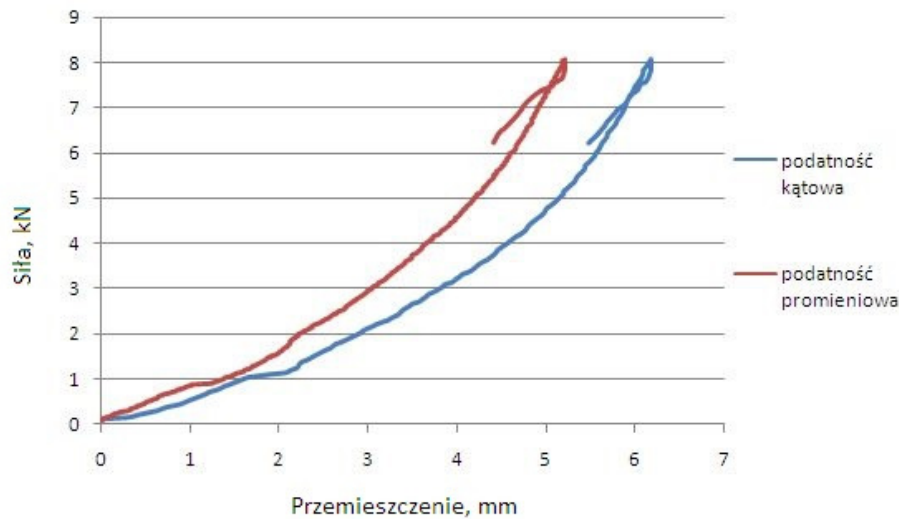
Na rysunku 7 przedstawiono różnice w podatności promieniowej i kątowej dla kierunków z największą ilością gumy. Dla standardowego obciążenia koła przedniego siłą równą 3000 N przemieszczenie gumowej tulei wyniosło 3,60 mm – przy badaniu podatności kątowej, a dla siły o takiej samej wartości przy analizie podatności promieniowej przemieszczenie równe było 3,35 mm. Po przeliczeniu wartości podatności wynoszą odpowiednio 1,20 mm/kN oraz 1,12 mm/kN. Podatność kątowa jest więc w tym przypadku o 7,14% większa niż podatność promieniowa.



Rysunek 7. Krzywe zależności obciążenie – przemieszczenie tulei dla kierunków z największą ilością gumy

Na rysunku 8 przedstawiono wykresy podatności promieniowej i kątowej dla kierunków z najmniejszą ilością gumy. Siła o wartości 3000 N wywołała

przesunięcie tulei o 3,80 mm przy powtórzeniach na ceowniku z obniżoną ścianką, podczas gdy w badaniach podatności promieniowej dla tej samej siły przesunięcie wyniosło średnio 3,04 mm. Po przeliczeniu uzyskano wartość podatności kątowej równą 1,27 mm/kN, natomiast otrzymany wynik podatności promieniowej to 1,01 mm/kN. Pierwsza z tych wartości jest zatem aż o 25% wyższa od drugiej.



Rysunek 8. Krzywe zależności obciążenie – przemieszczenie tulei dla kierunków z najmniejszą ilością gumy

Z powyższych wykresów wynika, że na podatność promieniową nie ma wpływu przykładanie obciążenia w różnych kierunkach – ani z największą, ani z najmniejszą ilością gumy. Przyczyny upatrywać można w takim skonstruowaniu tulei, że to sąsiednie, bogatsze w gumę kierunki poddają się pod wpływem obciążenia (rys. 6). Należy jednak przypuszczać, iż przykładanie siły tam, gdzie gumy jest najmniej może spowodować jej rozerwanie, mimo że na podatność nie ma to istotnego wpływu.

## 5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Podatność kątowa tulei gumowej osiąga wyższe wartości niż podatność promieniowa.
2. Na podatność tulei istotnie wpływa odchylenie kątowe wahacza od położenia statycznego.
3. Niewielkie, kilkuprocentowe różnice pomiędzy podatnością kątową a promieniową tulei mają znaczny wpływ na kinematykę całego zawieszenia.
4. Przeniesienie wyników badań na ruch wahacza pod wpływem działania sił będzie analizowane w pracy dyplomowej autora.

**LITERATURA**

1. JAWORSKI J.: Guma w pojazdach mechanicznych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1967.
2. MORELLO L., GENTA G.: The Automotive Chassis. Volume 1: Components Design. Springer, 2009.
3. PROWANS S.: Materiałoznawstwo. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań 1980.
4. REIMPELL J., BETZLER J.: Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
5. ŻÓŁTOWSKI B., ŁUKASIEWICZ M.: Diagnostyka drganiowa maszyn. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom - Bydgoszcz 2012.