

Jerzy KUPIEC<sup>1</sup>

### OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI DIAGNOZOWANIA LUZU W ZAWIESZENIU PRZY ZASTOSOWANIU TESTERA ZBIEŻNOŚCI

*W artykule podjęto problematykę diagnozowania układu zawieszenia na podstawie wyników badań uzyskanych na stanowisku zwanym testerem zbieżności. Jest to stanowisko powszechnie stosowane na stacjach kontroli pojazdów. Do badań wykorzystano trzy rozwiązania zawieszenia przedniego, na których to symulowano występowanie luzu w poszczególnych węzłach. Określono, które z symulowanych usterek można jednoznacznie określić na tym stanowisku a których nie.*

### DETERMINATION OF CAPABILITIES DETECTING LOOSENESS IN VEHICLE SUSPENSION SYSTEM BASED ON SIDE-SLIP TESTER

*This article presents problems of suspension system fault diagnosis based on side-slip tester. This equipment is commonly used in vehicle inspection stations.*

*In research three kinds of front suspension systems were used to simulate looseness in suspension joints and to determine which faults can be diagnosed on side-slip tester.*

#### 1. WSTĘP

Wzrastająca liczba pojazdów poruszających się po naszych drogach powoduje zwiększenie liczby wypadków drogowych. Większość z nich spowodowana jest złym stanem technicznym pojazdów a w szczególności niesprawnym układem zawieszenia i układem kierowniczym. Naturalny proces zużywania bądź też niewłaściwa obsługa tych układów prowadzi do powstawania luzów, które mają wpływ na zachowanie się pojazdu na drodze, co z kolei prowadzi do zmniejszenia bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego. Dlatego też, aby w porę wyeliminować zagrożenia spowodowane występowaniem luzu w zawieszeniu ważne jest wykonanie szybkiego badania diagnostycznego pozwalającego na jego wykrycie. Do takiej szybkiej oceny służy właśnie tester zbieżności zwany również płytą uślizgu. Płyta ta jest powszechnie stosowana na stacjach kontroli pojazdów podczas okresowych badań technicznych.

---

<sup>1</sup> Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel: (048) 061 665 2709, e-mail: jerzy.kupiec@put.poznan.pl

## 2. MECHANIZM POWSTAWANIA ORAZ MIEJSCA WYSTĘPOWANIA LUZU

Luzy w układzie zawieszenia powstają w skutek zużywania się części, które jest zjawiskiem towarzyszącym pracy każdego mechanizmu. Każda maszyna i każdy pojazd z biegiem czasu zużywają się bądź ulegają uszkodzeniom i dalsze użytkowanie bez ich naprawy staje się niemożliwe. Skutki takiego zużywania bądź uszkodzenia mogą prowadzić do unieruchomienia pojazdu bądź do wypadku. Według badań przeprowadzonych przez niemieckie stowarzyszenie „DEKRA” 32% wypadków spowodowane jest złym stanem technicznym pojazdów w tym 46% z nich na skutek złego stanu technicznego układu zawieszenia oraz układu kierowniczego.

Zużyciem nazywamy zmiany zachodzące w elementach maszyn będące wynikiem normalnej ich pracy, a więc przede wszystkim długotrwałego tarcia współpracujących części, wysokiej temperatury oraz korozji.

W przypadku układu najczęściej stosowanego zawieszenia z jednym wahaczem do miejsc, w których najczęściej występują luzy mające wpływ na działanie układu jezdnego zaliczamy:

- tuleje metalowo-gumową łączącą wahacz z nadwoziem, która ulega najczęściej uszkodzeniom na skutek procesu starzenia gumy i rozrywania połączenia wulkanizacyjnej tulei metalowej z gumą,
- przegubu kulowego łączącego wahacz z zwrotnicą koła ulegającego najczęściej zużyciu w skutek zwiększonego tarcia spowodowanego zanieczyszczeniami dostających się do środka w wyniku uszkodzeniem gumowej osłony przegubu,
- tuleje gumowe w połączeniu wahacza z drążkiem reakcyjnym ulegające najczęściej skruszeniu,
- połączenie śrubowe powstające najczęściej w skutek niezabezpieczenia nakrętki przed samoczynnym odkręcaniem,
- łożysko gumowe łączące drążek stabilizatora z nadwoziem.

W mechanizmie zwrotniczym układu kierowniczego najczęściej uszkodzeniom ulega końcówka drążka kierowniczego.

## 3. OBIEKTY BADAŃ I APARATURA POMIAROWA

Badania przeprowadzono dla kilku różnych rozwiązań zawieszenia przedniego samochodów osobowych. Były to rozwiązania z pojedynczym wahaczem poprzecznym (Opel Agila), wahaczem trójkątnym (Ford Fiesta) oraz w zawieszeniu wielowahaczowym (Audi A4).

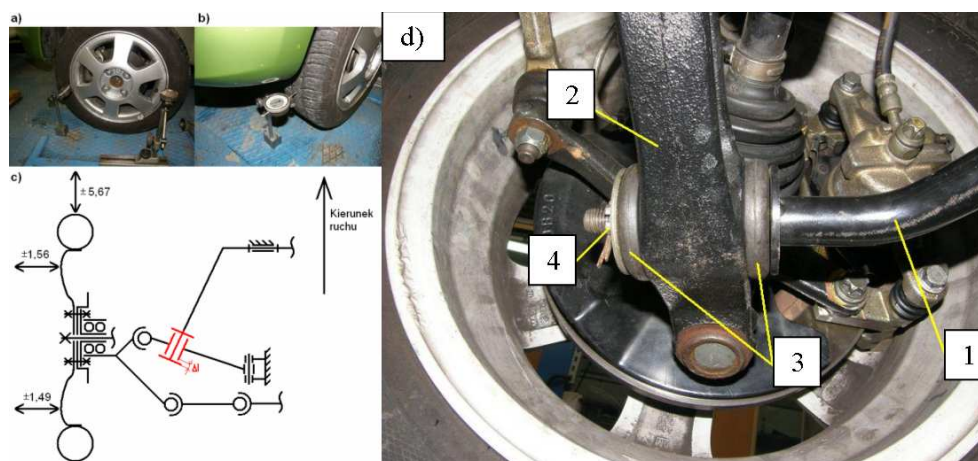
W pomiarach wykorzystano czujniki zegarowe do precyzyjnego określenia luzu oraz urządzenie do badania zbieżności frmy MAHA MINC1 –tester zbieżności zwany też płytą ślizgu jest to urządzenie powszechnie używane na stacjach kontroli pojazdów.

Wynikiem działania tego urządzenia jest wartość zbieżności. Poprzez kilkukrotne przejechanie badaną osią przez urządzenie można spróbowano określić miejsce występowania luzu w układzie. W celu porównania ruchu koła z wartościami zbieżności zmierzono przy pomocy czujników zegarowych wielkości przemieszczenia koła w kierunku wzdłużnym i poprzecznym pojazdu.

#### 4. BADANIA

Badania wszystkich trzech typów zawieszenia przeprowadzono w taki sam sposób a mianowicie zbieżność kół osi przedniej samochodów, zostało przeprowadzone w laboratorium diagnostyki pojazdów samochodowych Politechniki Poznańskiej na urządzeniu MINCI poprzez wykonanie długiego najazdu na płytę pomiarową, który każdorazowo wynosił 10m. Prędkość najazdu wynosiła około 5 km/h. W trakcie przejazdu przez płytę nie należy ruszać kołem kierownicy gdyż uzyskane wyniki będą błędne.

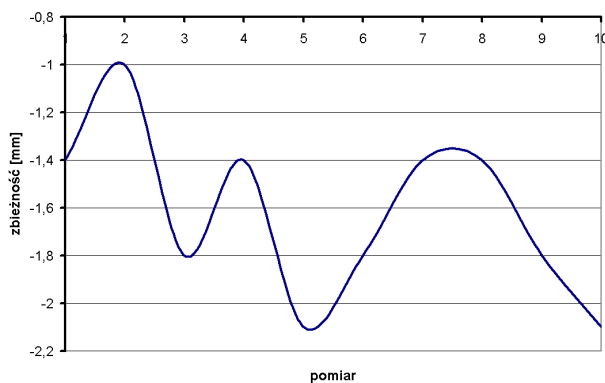
Pierwsza seria pomiarów dla samochodu opel Agila była realizowana dla kół osi przedniej bez luzów w układzie zawieszenia. Wykonano 5 przejazdów pomiarowych dających za każdym razem ten sam wynik -1 mm, mieszczący się w przedziale nominalnej zbieżności dla tego modelu, który wynosi  $-2 \pm 0$ mm.



Rys. 1. Widok węzła wahacz – drążek stabilizatora Opel Gila: a) pomiar wartości poprzecznych, b) pomiar wartości wzdłużnych, c) schemat kinematyczny zawieszenia oraz wartości i kierunki zmierzonych przemieszczeń w mm, d) budowa układu: 1-drążek stabilizatora (reakcyjny), 2-wahacz, 3-tuleje gumowe (łącznie stabilizatora), 4-nakrętka

Druga seria pomiarów była realizowana dla kół osi przedniej z zamodelowanym luzem na połączeniu wahacza z drążkiem stabilizatora. Luz uzyskano odkręcając nakrętkę (4 rys.1), która ściska dwie tuleje gumowe (3) odpowiadające za połączenie drążka stabilizatora (1) z wahaczem (2) (rys. 1). Odkręcenie nakrętki (4) o równowartość 6 obrotów dało w konsekwencji luz w połączeniu o wartości 4,5mm.

Wykonano 10 przejazdów pomiarowych, żeby uchwycić zmiany wartości zbieżności. Luz w węźle wahacz–drążek stabilizatora pogłębia wartość zmierzonej zbieżności oraz powoduje że wyniki pomiarów zmieniają się losowo (rys 2.). Warunkiem różnic w wynikach pomiaru dla zamodelowanego luzu jest długi najazd pomiarowy, podczas którego ułożenie wahacza względem drążka stabilizatora może się zmienić.



Rys. 2. Wyniki pomiaru zbieżności w węźle wahacz – drążek stabilizatora.

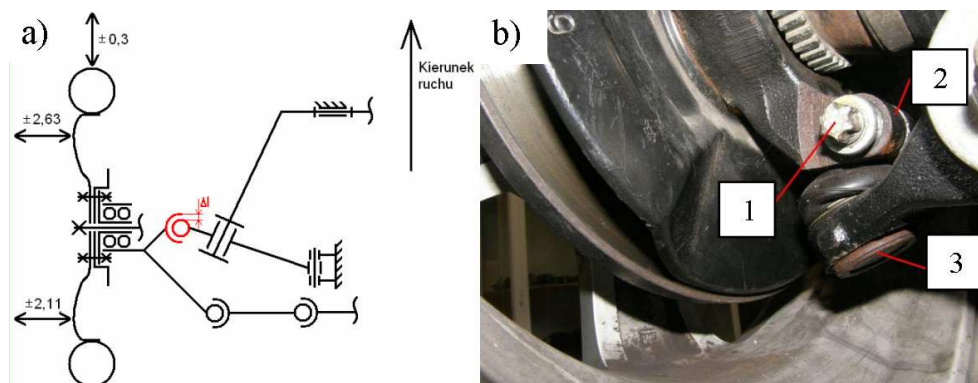
Dla zamodelowanego luzu w węźle wahacz–drążek stabilizatora zostały zmierzone również wartości przemieszczenia koła. Pomiary zostały wykonane za pomocą czujników zegarowych bezpośrednio na kole. Rysunek 1c przedstawia wielkości i kierunki zmierzonych przemieszczeń. Miejsce zamodelowania luzu zostało zaznaczone kolorem jaśniejszym. Luz w tym węźle powoduje duże przemieszczenia wzdłużne koła jest to spowodowane tym, że drążek stabilizatora pełni rolę ramienia, które ma za zadanie utrzymywać wahacz na swojej pozycji. Przemieszczenia poprzeczne zmierzone na kole nie mają już tak dużych wartości.

Czwartą serię pomiarów przeprowadzono dla zawieszenia z zamodelowanym luzem na sworzniu wahacza (3 rys.3). Luz ten uzyskano cofając o równowartość 7 obrotów śrub sworznia wahacza (1) w zwrotnicy (2), powodując tym samym rozszerzenie gniazda sworznia w zwrotnicy (rys. 3).

Wyniki pomiarów z zamodelowanym luzem w połączeniu sworznień wahacza–zwrotnica również powoduje zmianę zbieżności kół. Jednak w każdym pomiarze uzyskano tę samą zbieżność wynoszącą -1,8 mm co dowodzi, że luz w tym połączeniu nie powoduje wahań wyników. Spowodowane jest to tym, że wielkość luzu jest znacznie mniejsza niż w przypadku węzła wahacz–drążek stabilizatora i mimo wykonywania tak samo długich najazdów nie następują zmiany zbieżności. Jak widać i w tym przypadku wartość zbieżności pogłębiała się.

Dla zamodelowanego luzu w węźle sworznień wahacza–zwrotnica zostały zmierzone także wartości przemieszczenia koła. Tak jak poprzednio pomiary zostały wykonane za pomocą czujników zegarowych bezpośrednio na kole. Rysunek 3a przedstawia wielkości i kierunki zmierzonych przemieszczeń. Miejsce zamodelowania luzu zostało zaznaczone kolorem czerwonym.

Luz w węźle sworznień wahacza – zwrotnica generuje bardzo małe wartości przemieszczenia wzdłużnego koła. Natomiast w przypadku przemieszczeń poprzecznych, ich wartości są większe niż w przypadku modelowania luzu w węźle wahacz – drążek stabilizatora.

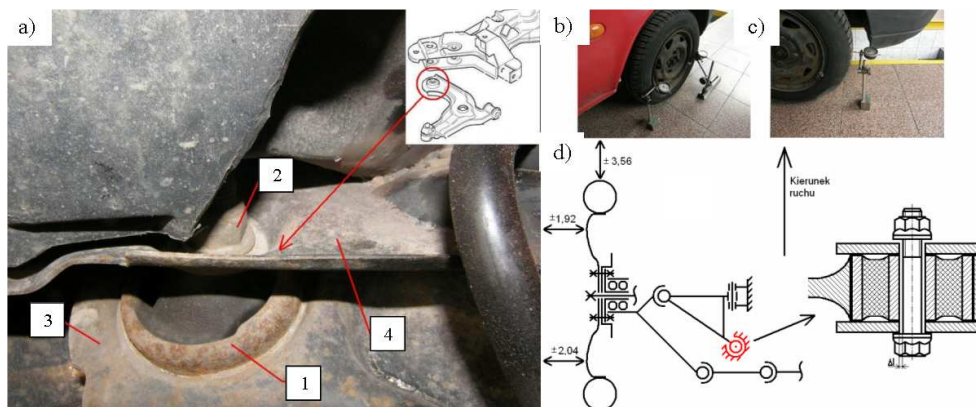


Rys. 3. Węzeł sworzeń – zwrotnica: a) Wartości i kierunki zmierzonych przemieszczeń w mm, b) widok węzła: 1-śruba sworznia, 2-zwrotnica, 3-sworzeń zwrotnicy.

Przeprowadzone badania pokazują, że na podstawie wyników badań na płycie uślizgu oraz przy pomocy czujników zegarowych można stwierdzić występowanie luzu w układzie zawieszenia badanego pojazdu. W przypadku takiej budowy układu zawieszenia możliwe jest nawet rozróżnienie na podstawie serii wyników, czy mamy do czynienia z luzem na węźle wahacz–drążek stabilizatora czy na węźle sworzeń wahacza – zwrotnica. Luz w węźle sworzeń wahacza – zwrotnica powoduje występowanie stabilnych wskazań zbieżności na płycie uślizgu, natomiast luz w węźle wahacz – drążek stabilizatora charakteryzuje się brakiem stabilności wyników, ich zakres waha się od -1 do -2,1 [mm]. Miejsce zamodelowania luzu istotnie wpływa na rozkład i wielkość zmian w stosunku do zbieżności zmierzonej dla zawieszenia bez luzu. Również w przypadku pomiaru wartości przemieszczeń koła czujnikami zegarowymi możliwe jest rozróżnienie miejsca występowania luzu. Dla luzu w węźle wahacz – drążek stabilizatora przemieszczenia poprzeczne koła są rzędu  $\pm 1,5$  mm, natomiast przemieszczenia wzdłużne osiągają dużo większe wartości, bo aż  $\pm 5,67$  mm. Odwrotna sytuacja występuje dla luzu zamodelowanego w węźle sworzeń wahacza – zwrotnica, gdzie przemieszczenia poprzeczne mają wartość  $\pm 2,63$  mm, a wzdłużne tylko  $\pm 0,3$  mm.

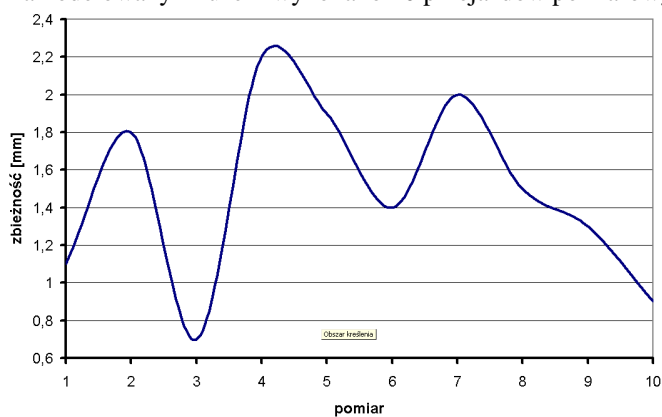
Kolejnym badanym pojazdem z zawieszeniem z wahaczem trójkątnym był Ford Fiesta MK4. Pierwsza seria pomiarów (tab. 4.6) była realizowana dla kół osi przedniej bez luzów w układzie zawieszenia. Wykonano 5 przejazdów pomiarowych dających za każdym razem ten sam wynik 0,5 mm, mieszczący się w przedziale nominalnej zbieżności dla tego modelu, który wynosi  $-2,5 \div 2,5$  mm.

Druga seria pomiarów była realizowana dla kół osi przedniej z zamodelowanym luzem w miejscu tylnej tulei wahacza (1 rys.4). Luz ten uzyskano odkręcając nakrętkę (2) śruby tylnej tulei wahacza łączącą te tuleje z ramą szczałkową (4) (rys. 4). Nakrętkę (2) odkręcono o równowartość 5 obrotów.



Rys. 4. Węzeł tylna tuleja wahacza – rama szcztatkowa: a) widok węzła: 1-tylna tuleja wahacza, 2-nakrętka, 3-wahacz, 4-rama szcztatkowa b) pomiar wartości poprzecznych, c) pomiar wartości wzdłużnych, d) schemat kinematyczny zawieszenia oraz wartości i kierunki zmierzonych przemieszczeń w mm

Z tak zamodelowanym luzem wykonano 10 przejazdów pomiarowych (tab. 4.7)



Rys. 5. Wyniki pomiarów zbieżności z luzem w węźle tylna tuleja wahacza – rama szcztatkowa

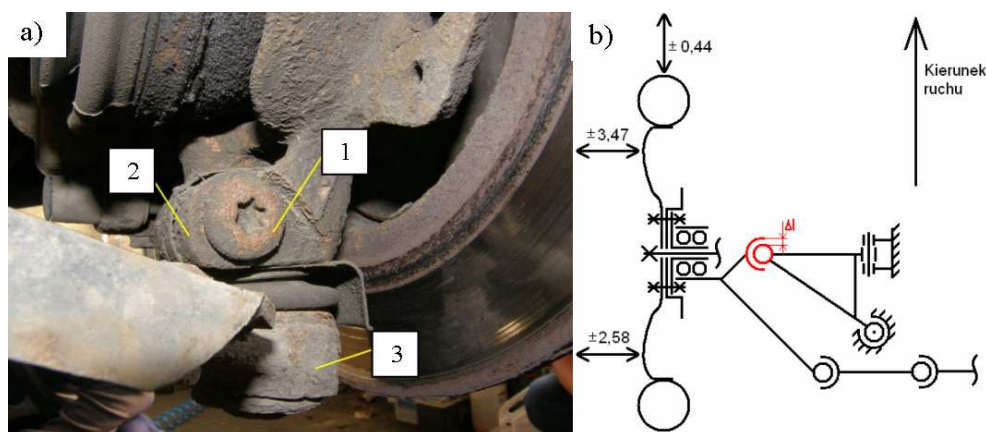
Jak pokazano na wykresie rys. 5 gdy w zawieszeniu zamodelowano luz wyniki pomiarów zmieniają się losowo. Luz w węźle tylna tuleja wahacza – rama szcztatkowa pogłębia wartość zbieżności zmierzonej. Warunkiem powstania różnic w wynikach pomiaru dla zamodelowanego luzu jest długi najazd pomiarowy, podczas którego ułożenie tulei wahacza względem ramy szcztatkowej może się zmienić. Gdyby luz powstał tak jak podczas eksploatacji przez zerwanie gumy tylnej tulei pomiary zbieżności odbiegałyby od wartości nominalnej o większe wartości.



Pomiary przemieszczeń koła zostały wykonane za pomocą czujników zegarowych bezpośrednio na kole. Rysunek 4d przedstawia wielkości i kierunki zmierzonych przemieszczeń. Miejsce zamodelowania luzu zostało zaznaczone jaśniejszym kolorem.

Dla luzu zamodelowanego na węźle tylna tuleja wahacza – rama szczałkowa widać, że wartości przemieszczeń wzdłużnych koła są większe niż wartości przemieszczeń poprzecznych. Jest to spowodowane trójkątnym kształtem wahacza, w którym tylna tuleja odpowiada za odbieranie stopni swobody koła głównie w kierunku wzdłużnym. Dla tego układu zawieszenia wartości przemieszczeń poprzecznych na kole są większe od strony tylnej tulei wahacza. Zamodelowanie luzu w tym węźle powoduje także utratę podparcia poprzecznego dla koła.

Czwartą serię pomiarów przeprowadzono dla zawieszenia z zamodelowanym luzem na sworzniu wahacza (3 rys. 6). Luz ten uzyskano cofając o równowartość 3 obrotów nakrętkę śruby sworznia wahacza (1) w zwrotnicy (2), powodując tym samym rozszerzenie gniazda sworznia w zwrotnicy (rys. 6).



Rys. 6. Węzeł sworzni – zwrotnica a) widok węzła: 1-śruba sworznia, 2-zwrotnica, 3-sworzni, b) wartości i kierunki zmierzonych przemieszczeń w mm.

Z tak zamodelowanym luzem wykonano 10 przejazdów pomiarowych. Pomiary wykazały, że luz w połączeniu sworzni wahacza – zwrotnica również powoduje zmianę zbieżności kół. Jednak w każdym pomiarze uzyskano tę samą wartość zbieżności równą 2 mm, co dowodzi, że luz w tym połączeniu nie generuje różnych wyników. Spowodowane jest to tym, że położenie luzu jest umiejscowione w węźle mniej oddalonym od koła i mimo wykonywania tak samo długich najazdów nie następują zmiany zbieżności. Podobnie i w tym przypadku wartość zbieżności pogłębiała się.

Pomiary przemieszczenia koła zostały wykonane za pomocą czujników zegarowych a wielkości i kierunki zmierzonych przemieszczeń przedstawiono na rys. 6b. Miejsce zamodelowania luzu zostało zaznaczone jasnym kolorem.

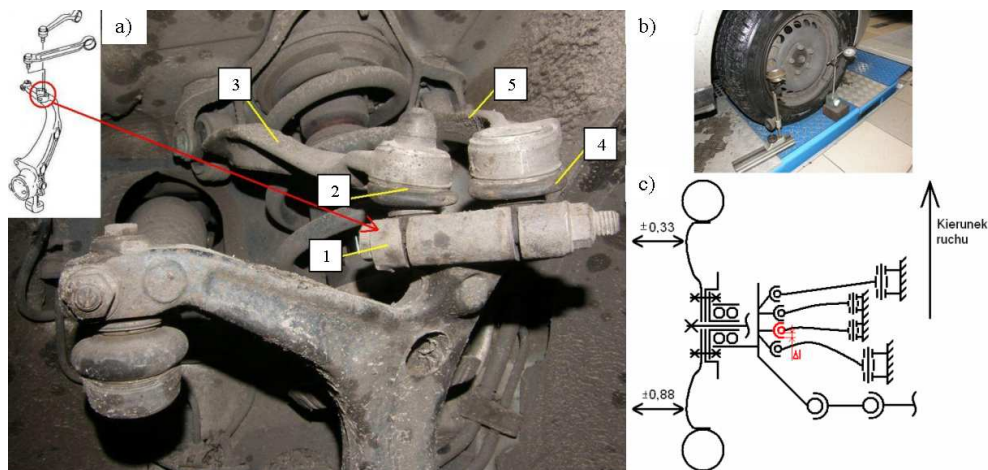
Luz w węźle sworzni wahacza – zwrotnica powoduje dużo mniejsze wartości przemieszczeń wzdłużnych koła. Spowodowane jest to tym, że wahacz jest w tym przypadku nieruchomy, a luz w samym gnieździe zwrotnicy nie generuje aż tak dużych

przemieszczeń wzdłużnych. Natomiast większe są wartości przemieszczeń poprzecznych koła niż w poprzednim przypadku. Jednak wartość mniejsza jest tym razem po stronie końcówki drążka kierowniczego, który ogranicza w pewnym stopniu możliwość ruchu koła.

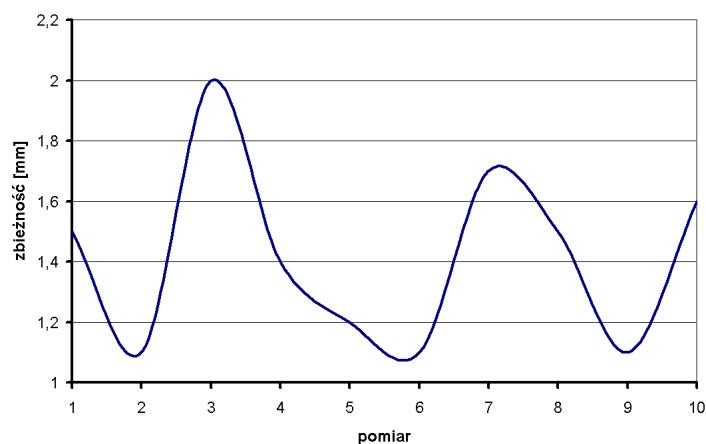
Wyniki badań pokazują, że można na podstawie wartości zbieżności na płycie uślizgu stwierdzić występowanie luzu w układzie zawieszenia badanego pojazdu. Również w przypadku tego układu zawieszenia możliwe jest rozróżnienie na podstawie serii pomiarów, czy mamy do czynienia z luzem w węźle tylna tuleja wahacza – rama szcążkowa czy na węźle sworzeń wahacza – zwrotnica. Podobnie jak w poprzednio badanym pojeździe luz w węźle sworzeń wahacza – zwrotnica generuje stabilne wyniki zbieżności, natomiast luz w węźle tylna tuleja wahacza – rama szcążkowa powoduje zmienne wartości wyników zbieżności znajdujące się w przedziale od 0,7 do 2,2 mm. Miejsce zamodelowania luzu również w tym układzie zawieszenia istotnie wpływa na rozkład i wielkość zmian w stosunku do zbieżności zmierzonej dla zawieszenia bez luzu. Dla pomiaru wartości przemieszczeń koła zmierzonych czujnikami zegarowymi dla węzła tylna tuleja wahacza – rama szcążkowa wartości w kierunku wzdłużnym są większe niż w kierunku poprzecznym i wynoszą  $\pm 3,56$  mm. Natomiast dla luzu w węźle sworzeń wahacza – zwrotnica podobnie jak w poprzednim badanym układzie zawieszenia, wartości przemieszczeń wzdłużnych koła są niewielkie i wynoszą  $\pm 0,44$  mm, a wartości przemieszczeń poprzecznych  $\pm 2,58$  i  $\pm 3,47$  [mm] w zależności od tego gdzie wykonano pomiar.

Ostatnim badanym rozwiązaniem jest zawieszenie wielowahaczowe, które posiada samochód Audi A4. W badanym pojeździe stwierdzono metodą organoleptyczną przy pomocy urządzenia do wymuszania szarpnięć kołami jezdnyimi luz powstały w eksploatacji, dlatego pierwsza seria pomiarów była realizowana już z luzem (rys. 8). Luz w układzie zawieszenia występował na sworzniu górnego tylnego wahacza (2) (rys. 7). Wykonano 10 przejazdów pomiarowych. Wyniki te zawierają się w przedziale nominalnej zbieżności dla tego modelu, który wynosi  $1,10 \div 3,40$  mm. Na wykresie rys. 8 widać, że gdy w zawieszeniu występuje luz powstały podczas eksploatacji to wyniki pomiarów zbieżności przy długich najazdach zmieniają się losowo. Po wielkościach zmierzonych wartości zbieżności można stwierdzić, że występujący luz jest na tyle duży żeby wykryć go metodą organoleptyczną, lecz niepowodujący dużych odstępstw od przedziału nominalnej zbieżności. W takim układzie zawieszenia luz sworznia powoduje inaczej niż w pozostałych badanych układach wahania wyników. Prawdopodobnie jest to spowodowane tym, że oś sworznia oddalona jest od osi obrotu zwrotnicy. Dla występującego luzu w węźle sworzeń górnego tylnego wahacza – zwrotnica zostały zmierzone wielkości przemieszczeń koła za pomocą czujników zegarowych. Wielkości i kierunki zmierzonych przemieszczeń przedstawia rysunek 7c. Miejsce zamodelowania luzu wskazuje strzałka na rys. 7a.





Rys. 7. Górna części zwrotnic: a) widok węzła: 1-zwrotnica, 2-sworzeń górnego tylnego wahacza, 3-górny tylny wahacz, 4-sworzeń górnego przedniego wahacza, 5-górny przedni wahacz, b) pomiar wartości poprzecznych c) schemat kinematyczny zawieszenia oraz wartości i kierunki zmierzonych przemieszczeń w mm.



Rys. 8. Wyniki pomiarów zbieżności z luzem w węźle sworzeń górnego tylnego wahacza – zwrotnica

Dla zawieszenia wielowahaczowego w przypadku luzu występującego tylko na jednym sworzniu wahacza nie generuje on przemieszczeń koła w kierunku wzdłużnym, a przemieszczenia w kierunku poprzecznym są niewielkie i wynoszą odpowiednio  $\pm 0,33$  i  $\pm 0,88$  [mm](rys.7c). Spowodowane jest to tym, że zwrotnica ma aż cztery punkty podparcia, więc w takim przypadku pozostałe trzy wahacze cały czas ograniczają ruchy koła. Napięcie w węźle, w którym występuje luz nie jest tak duże jak w przypadku zawieszenia, gdzie zwrotnica posiada tylko jeden sworznień. Z powodu uszkodzenia tylnego

sworznia górnego wahacza większe wartości przemieszczeń występują właśnie po jego stronie zwrotnicy.

Po usunięciu luzu występującego na sworzniu górnego tylnego wahacza wartość zbieżności zawieszenia jest stała przy kolejnych próbach pomiarowych wynosi 1,6 mm. Wyniki te pokazują, że w przypadku takiego układu zawieszenia luz nie pogłębiał wartości zbieżności, lecz powodował jej oscylację w zakresie wartości zbieżności po usunięciu luzu.

Nie przeprowadzono próby modelowania luzu w innych węzłach układu zawieszenia z obawy o możliwość jego uszkodzenia, gdyż jest ono bardzo podatne na uszkodzenia i drogie. Można jednak przypuszczać, że gdyby luz występował, w którymś z pozostałych trzech sworzni rozkład wyników mógłby być podobny do uzyskanego dla sworznia górnego tylnego wahacza.

## 5. PODSUMOWANIE

Na podstawie otrzymanych wyników badań można dojść do następujących wniosków:

- wszystkie poddane badaniom rozwiązania zawieszonych wykazują zmianę zbieżności w stosunku do wartości nominalnej, gdy w układzie pojawi się luz,
- przy wykorzystaniu testera zbieżności można przy zachowaniu warunków wstępnych pomiaru uzyskać informacje o zbieżności oraz jej zmianach,
- w przypadku, gdy uzyskane wyniki pomiarów zbieżności są niestabilne będzie to świadczyło o występowaniu luzu w konkretnym węźle badanego zawieszenia,
- pojawienie się luzu w węźle znajdującym się w pobliżu osi skrętu koła spowoduje zwiększenie wartości zbieżności bądź rozbieżności.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Szutarski P.: Wpływ luzu w układzie zawieszenia przedniego samochodu osobowego na bezpieczeństwo jego ruchu, Politechnika Poznańska, 2006r.
- [2] Sroka P.: Analiza porównawcza metod rozpoznawania luzu w układzie zawieszenia pojazdów samochodowych, Politechnika Poznańska, 2011r.