

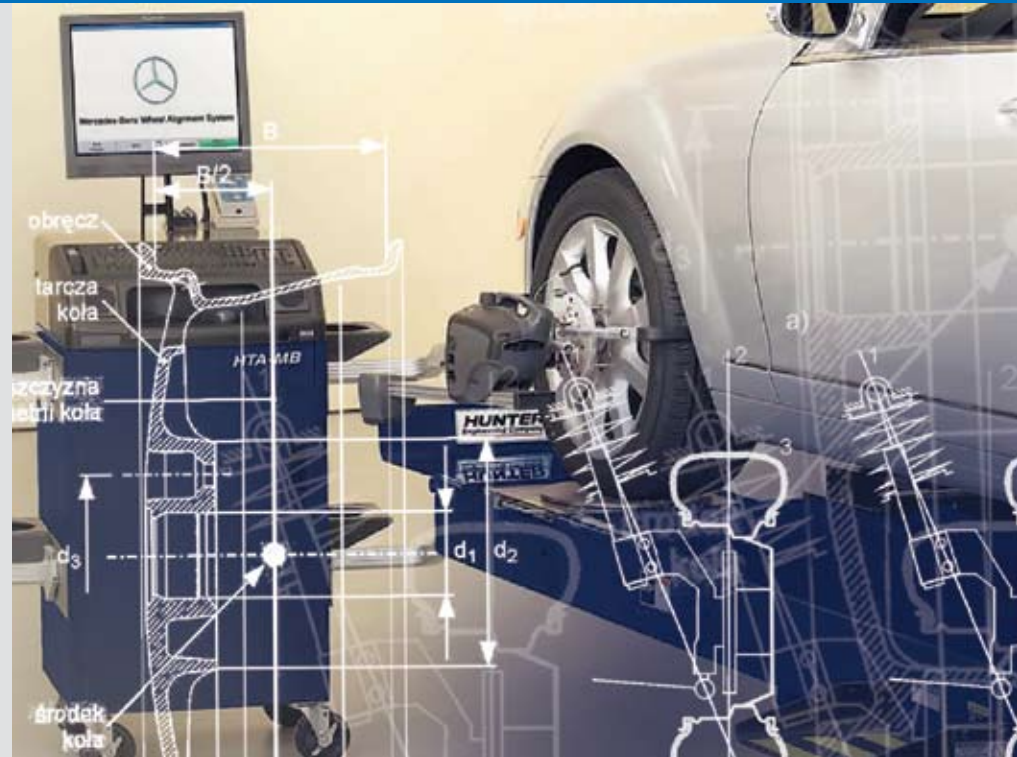
Geometria kół i osi pojazdu – cz.1

Kompendium praktycznej wiedzy

Autor: mgr inż. Stefan Myszkowski

dodatek techniczny do WIADOMOŚCI Inter Cars S.A. nr 31/Lipiec 2009

Wiadomości



Spis treści

1. Koło tarczowe (felga)	2
2. Wielkości charakterystyczne dla geometrii kół i osi pojazdu	3
2.1. Uproszczony układ odniesienia	3
2.2. Rozstaw kół i osi	3
2.3. Kąt zbieżności połówkowej	4
2.4. Kąt zbieżności całkowitej	4
2.5. Oś geometryczna podwozia	5
2.6. Oś geometryczna jazdy	5
2.7. Kąt znoszenia	5
2.8. Kąt przesunięcia kół	6
2.9. Kąt pochylenia koła	6
2.10. Kąt pochylenia, kąt wyprzedzenia i odcinek wyprzedzenia osi zwrotnicy	6
2.11. Promień zataczania	8
2.12. Kąt sumaryczny	8
2.13. Różnice kątów skrętu kół	9
2.14. Maksymalne kąty skrętu kół	11
3. Zmiany ustawienia kół	11
4. Diagnostyka zawieszenia koła na podstawie wartości kątów: pochylenia osi zwrotnicy, pochylenia koła i sumarycznego	14

Od autora



Szanowni czytelnicy,

dwa kolejne „Dodatki techniczne” poświęcę geometrii ustawienia kół i osi pojazdu. Mierzając lub regulując ją, warto dobrze orientować się, co każda z mierzonych lub regulowanych wielkości oznacza. Może to być jednak trudne, bo od wielu lat nie ma na rynku podręcznika, z którego można by się

dowiedzieć, jak mierzyć i regulować geometrię ustawienia kół i osi pojazdów o różnej konstrukcji podwozi.

W moim zamyśle, ta część „Dodatku technicznego” powinna więc służyć Państwu jako leksykon pojęć z tego zakresu. Ze względu na skąpość miejsca, nie piszę o tym, jaki jest wpływ poszczególnych wielkości na zachowanie pojazdu, pracę układu kierowniczego itp.. To obszerne zagadnienie, szczególnie od chwili, gdy w praktyce zaczęto stosować tzw. elastokinematykę, czyli wykorzystywać siły działające na styku opony z nawierzchnią drogi, do zmiany ustawienia kół i osi pojazdu.

Zainteresowanych, a powinni nimi być osoby zajmujące się tuningiem i przygotowaniem samochodów do sportu (to szczególne warunki eksploatacji samochodu i wymagają przygotowania pojazdu do pracy w tych warunkach) odsyłam do podręcznika pt. „Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji” autorstwa Jörsena Reimpella i Jürgena Betzlera. Jest to niemiecki podręcznik, w bardzo kompetentnym polskim tłumaczeniu dr hab. inż. Andrzeja Reńskiego (Politechnika Warszawska). Najnowsze, 4 wydanie, z 2008 roku (były też wcześniejsze wydania), jest w ofercie Wydawnictwa Komunikacji i Łączności (polecam księgarnię internetową www.wkl.com.pl).

A o czym napiszę w drugiej części „dodatku” o geometrii? Dzięki uprzejmości firmy Wimad, poznamy:

- jak radzić sobie z problemami przy pomiarach geometrii w samochodach tuningowanych;
- elementy specjalne, które można wykorzystywać do regulacji ustawienia kół i osi wówczas, gdy producent samochodu tego nie przewidział, a jest taka potrzeba;
- urządzenie do pomiaru geometrii typu „3D”, produkcji firmy Hunter Engineering Company.

Przypominam się, że stale czekam na Państwa propozycje z tematami kolejnych „Dodatków technicznych”
stefan.myszkowski@neostrada.pl

Stefan Myszkowski

1. Koło tarczowe

Koło tarczowe (rys.1), potocznie zwane felgą, wykonane z blachy stalowej, kute lub odlane ze stopu lekkiego, składa się z tarczy koła oraz obręczy. Z tarczą koła, a ogólnie z kołem, są związane dwa pojęcia:

płaszczyzna symetrii koła - płaszczyzna prostopadła do osi koła i przechodząca przez środek wnęki obręczy koła tarczowego, czyli w odległości $B/2$ od brzegów wnęki obręczy;

środek koła - punkt leżący na przecięciu płaszczyzny symetrii koła i osi obrotu koła.

Tarcza koła ma następujące charakterystyczne wymiary (rys.1):

d_1 - średnica otworu centrującego koło tarczowe

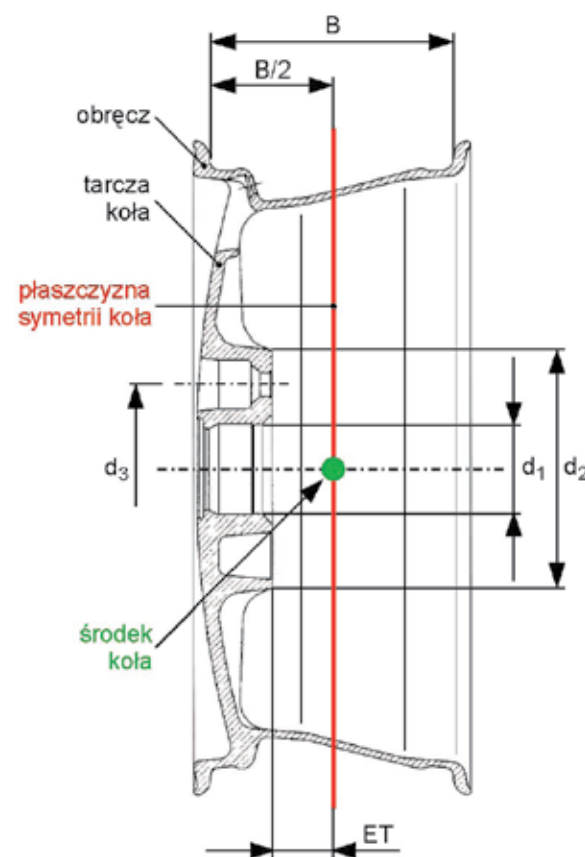
względem piasty koła;

d_2 - średnica tarczy montażowej (płaszczyzna tarczy montażowej ustala koło w kierunku poziomym w stosunku do piasty koła; tarcza montażowa jest dociskana śrubami do piasty koła)

d_3 - średnica okręgu otworów montażowych koła tarczowego (na okręgu o tej średnicy, są rozmieszczone otwory służące do montażu koła do piasty);

B - szerokość wnęki obręczy koła;

ET - tzw. odsadzenie tarczy koła, czyli odległość pomiędzy płaszczyzną tarczy montażowej koła (o średnicy d_2) a płaszczyzną symetrii koła.



Rys. 1 Koło tarczowe.

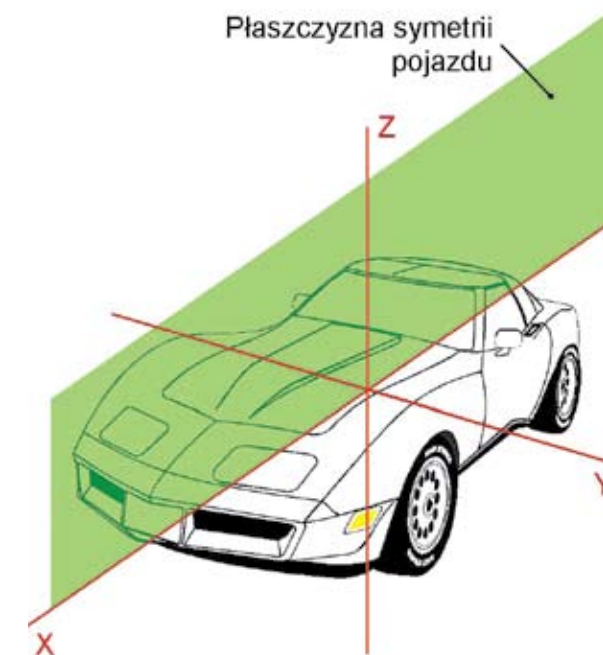
2. Wielkości charakterystyczne dla geometrii kół i osi pojazdu

W tym rozdziale są zebrane definicje wielkości charakterystycznych dla geometrii kół i osi pojazdu, tak jak definiują je konstruktorzy podwozi. Nie zawsze urządzenia do pomiaru geometrii kół i osi, dla serwisów samochodowych, mierzą poszczególne wielkości tak jak opisują to podane definicje, co jest wynikiem ograniczeń narzuconych przez technikę pomiarową wykorzystywaną przez poszczególne urządzenia.

2.1. Uproszczony układ odniesienia

Aby precyzyjnie omówić geometrię kół i osi pojazdu, należy odnieść się stałego układu osi, zwanego układem odniesienia. W naszych rozważaniach wystarczy, że przyjmiemy uproszczony układ odniesienia, w którym określimy tylko kierunki osi (rys.2):

- **oś X** - jej kierunek jest zgodny z kierunkiem prostoliniowego ruchu pojazdu;
- **oś Z** - jej kierunek jest pionowy
- **oś Y** - jej kierunek jest prostopadły do płaszczyzny, w której leżą osie X i Z.



Rys. 2

W naszym uproszczonym układzie odniesienia rezygnujemy z określenia zwrotów osi, czyli w którą stronę rosną wartości na każdej z osi, oraz miejsca, w którym leży początek układu odniesienia.

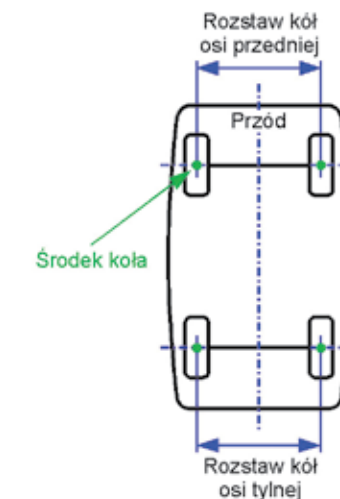
Przyjęty uproszczony układ odniesienia wykorzystamy również do określenia płaszczyzn odniesienia. Płaszczyzny te oznaczamy następująco:

- płaszczyzna XZ - płaszczyzna, w której leżą osie X i Z;
- płaszczyzna YZ - płaszczyzna, w której leżą osie Y i Z;
- płaszczyzna XY - płaszczyzna, w której leżą osie X i Y.

Jeśli płaszczyzna XZ jest jednocześnie płaszczyzną symetrii nadwozia pojazdu, to nazywamy ją płaszczyzną symetrii pojazdu (rys.2).

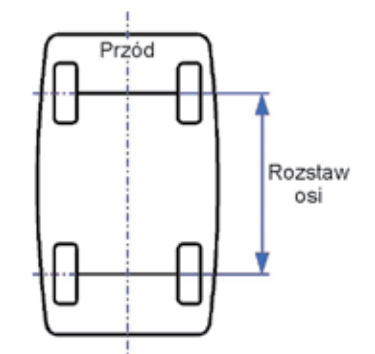
2.2. Rozstaw kół i osi

Rozstaw kół danej osi (rys.3) to odległość pomiędzy środkami kół danej osi.



Rys. 3

Rozstaw osi (rys.4) to odległość pomiędzy określonymi osiami pojazdu.



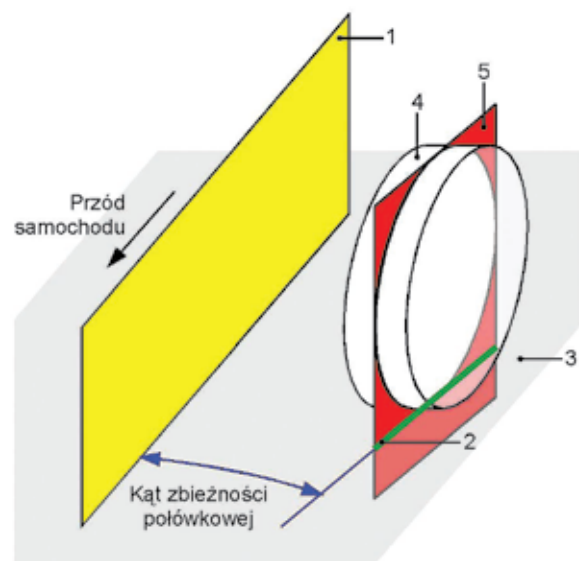
Rys. 4

2.3. Kąt zbieżności połówkowej

Kąt zbieżności połówkowej koła 4 (rys.5), to kąt pomiędzy:

- prostą 2, która jest linią przecięcia płaszczyzny symetrii 5 koła 4 z nawierzchnią drogi 3;
- płaszczyzną symetrii pojazdu 1 lub dowolną płaszczyzną XZ do niej równoległą (patrz pkt. 2.1. i rys.2).

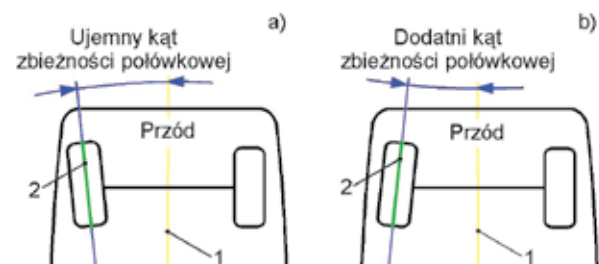
Kąt zbieżności połówkowej informuje o ustawieniu koła względem płaszczyzny symetrii pojazdu, w miejscu styku opony z nawierzchnią drogi.



Rys. 5 Kąt zbieżności połówkowej koła.

Umownie kąt zbieżności połówkowej koła przyjmujemy za:

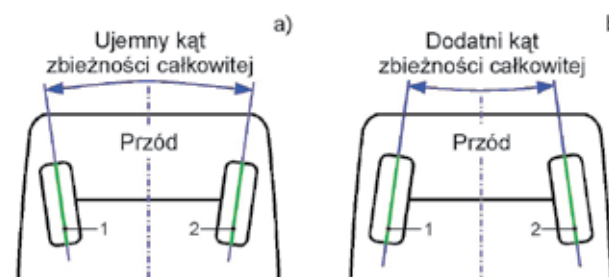
- ujemny (rys.6a), jeśli prosta 2 - linia przecięcia płaszczyzny symetrii koła z nawierzchnią drogi, przecina płaszczyznę symetrii pojazdu 1 za osią, do której to koło należy (patrzac od przodu pojazdu);
- dodatni (rys.6b), jeśli prosta 2 - linia przecięcia płaszczyzny symetrii koła z nawierzchnią drogi, przecina płaszczyznę symetrii pojazdu 1 przed osią, do której to koło należy (patrzac od przodu pojazdu).



Rys. 6

2.4. Kąt zbieżności całkowitej

Kąt zbieżności całkowitej pary kół jednej osi, to kąt pomiędzy liniami 1 i 2 (rys.7) przecięć płaszczyzn symetrii każdego z kół, z nawierzchnią drogi. Kąt zbieżności całkowitej informuje więc o ustawieniu obu kół względem siebie, w miejscu styku opon z nawierzchnią drogi.

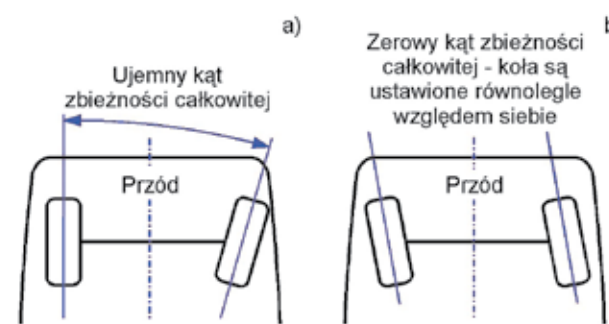


Rys. 7 Kąt zbieżności całkowitej kół.

Umownie kąt zbieżności całkowitej kół przyjmujemy za:

- ujemny (rys.7a), jeśli proste 1 i 2 - linie przecięć płaszczyzn symetrii każdego z kół z nawierzchnią drogi, przecinają się za osią, do której oba koła należą (patrzac od przodu pojazdu);
- dodatni (rys.7b), jeśli proste 1 i 2 - linie przecięć płaszczyzn symetrii każdego z kół z nawierzchnią drogi, przecinają się przed osią, do której oba koła należą (patrzac od przodu pojazdu).

Zbieżność całkowita informuje o ustawieniu kół jednej osi względem siebie, ale nie informuje, jak koła danej osi są ustawione względem płaszczyzny symetrii pojazdu.



Rys. 8

Przykładowo, na rys.8a, koła osi przedniej mają ujemny kąt zbieżności całkowitej, ale koło lewe jest równoległe do płaszczyzny symetrii pojazdu, a koło prawe ma ujemny kąt zbieżności połówkowej. Natomiast na rys. 8b, koła osi przedniej mają zerowy kąt zbieżności całkowitej - koła są wzajemnie równoległe, ale koło lewe ma ujemny kąt zbieżności połówkowej a koło prawe ma dodatni kąt zbieżności połówkowej. Oba te kąty zbieżności połówkowej są takie same co do wartości, jeśli nie uwzględniamy ich znaku.

2.5. Oś geometryczna podwozia

Oś geometryczna podwozia OGP (rys.9) jest to oś przechodząca przez środek 1 osi tylnej i środek 2 osi przedniej. Podana nazwa, jest moją własną. Można spotkać też nazwy „Oś geometrii” lub „Oś symetrii podwozia”.



Rys. 9

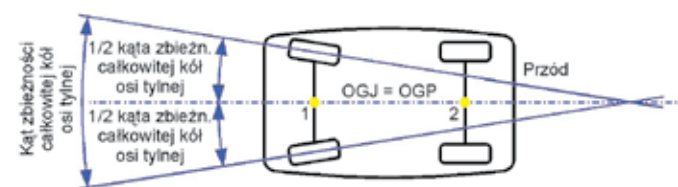
2.6. Oś geometryczna jazdy

Oś geometryczna jazdy OGJ (rys.10), jest to prosta dzieląca kąt zbieżności całkowitej kół osi tylnej na dwa równe kąty, czyli jest to dwusieczna kąta zbieżności całkowitej kół osi tylnej. Oś geometryczna jazdy wyznacza kierunek, w którym chciałaby się poruszać oś tylna pojazdu.

Pożądanym ustawieniem kół osi tylnej jest takie, przy którym oś geometryczna jazdy OGJ pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP. Takie ustawienia kół osi tylnej prezentują rysunki 10 i 11 (są omówione w podpisach). Jeśli oś geometryczna jazdy OGJ nie pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP, to oznacza, że oś tylna „chce” jechać w kierunku niepokrywającym się z kierunkiem osi geometrycznej podwozia OGP. Takie ustawienia kół osi tylnej prezentują rysunki 12 i 13 (są omówione w podpisach).

Niezbędny jest tu komentarz. To czy kierunek osi geometrycznej jazdy OGJ kół osi tylnej, jest uwzględniany przy regulacji kąta zbieżności kół osi przedniej czy nie jest, zależy od urządzenia do pomiaru geometrii ustawienia kół. Najprostsze urządzenia umożliwiają tylko regulację ustawienia zbieżności kół przednich, w stosunku do osi geometrii podwozia OGP. Przy tej metodzie zakładamy „milcząco”, że oś kół tylnych jest prostopadła do osi geometrii podwozia OGP.

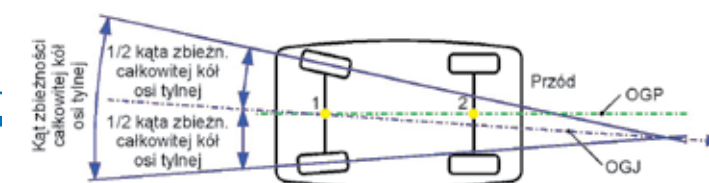
Bardziej zaawansowane urządzenia do pomiaru geometrii kół, mierzą kąt zbieżności całkowitej kół osi tylnej. Na jego podstawie określają położenie osi geometrycznej jazdy OGJ,



Rys.10 Oba koła osi tylnej mają dodatni kąt zbieżności połówkowej, o tej samej wartości, dlatego oś geometryczna jazdy OGJ, czyli dwusieczna kąta zbieżności całkowitej kół osi tylnej, pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP (przechodzi ona przez środki 1 i 2 osi tylnej i przedniej).



Rys. 11 Oba koła osi tylnej mają ujemny kąt zbieżności połówkowej, o tej samej wartości, dlatego oś geometryczna jazdy OGJ, czyli dwusieczna kąta zbieżności całkowitej kół osi tylnej, pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP (przechodzi ona przez środki 1 i 2 osi tylnej i przedniej).



Rys. 12 Oba koła osi tylnej mają dodatnie kąty zbieżności połówkowej, ale kąt koła lewego jest większy niż prawego, dlatego oś geometryczna jazdy OGJ, czyli dwusieczna kąta zbieżności całkowitej kół osi tylnej, nie pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP (przechodzi ona przez środki 1 i 2 osi tylnej i przedniej).

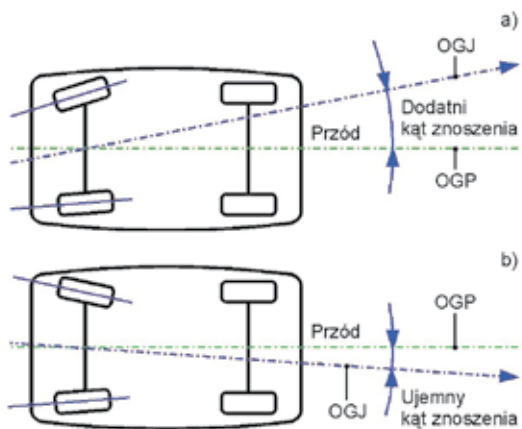


Rys. 13 Kąt zbieżności połówkowej koła lewego tylnego jest ujemny, a kąt zbieżności połówkowej koła prawego tylnego jest dodatni, dlatego oś geometryczna jazdy OGJ, czyli dwusieczna kąta zbieżności całkowitej kół osi tylnej, nie pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP (przechodzi ona przez środki 1 i 2 osi tylnej i przedniej).

a następnie względem niej są regulowane kąty zbieżności połówkowych kół osi przedniej.

Urządzenia do pomiaru geometrii kół pojazdu, które umożliwiają ustawienie czterech kół pojazdu, najpierw mierzą kąty zbieżności połówkowych kół osi tylnej pojazdu. Jeśli wartości tych kątów nie mieszczą się w zakresach wymaganych, to diagnosta winien dokonać regulacji kątów zbieżności połówkowych kół osi tylnej, tak aby oś geometryczna jazdy OGJ pokrywała się z osią geometryczną podwozia OGP.

Przykładowo koła tylne, ustawione pierwotnie tak jak na rys.12 lub 13, należy ustawić tak jak pokazuje to rys.10 lub 11 (to, które ustawienie jest prawidłowe dla danego samochodu, zależy od wymaganego zakresu wartości kąta zbieżności połówkowej dla kół osi tylnej). Dopiero wówczas, można przeprowadzić regulację kątów zbieżności połówkowych kół osi przedniej, względem osi geometrycznej jazdy OGJ (kół tylnych), która pokrywa się z osią geometryczną podwozia OGP.



Rys. 14

2.7. Kąt znoszenia

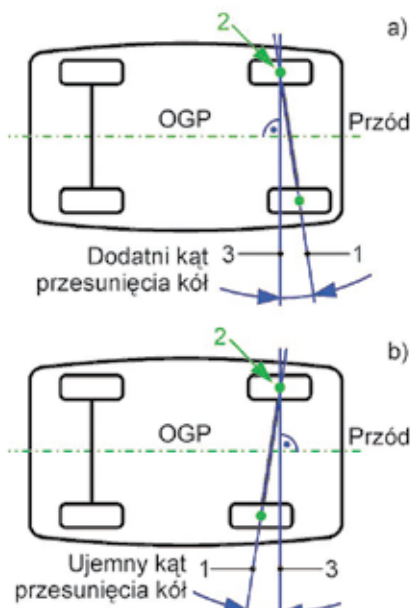
Kąt znoszenia, jest to kąt pomiędzy osią geometryczną podwozia OGP (rys.14 a i b) a osią geometryczną jazdy OGJ. Kąt znoszenia przyjmujemy za dodatni (rys.14a), jeśli oś geometryczna jazdy OGJ jest obrócona względem osi geometrycznej podwozia (OGP), w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

Kąt znoszenia przyjmujemy za ujemny (rys.14b), jeśli oś geometryczna jazdy OGJ jest obrócona względem osi geometrycznej podwozia (OGP), w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara.

2.8. Kąt przesunięcia kół

Kąt przesunięcia kół, należących do jednej osi (przedniej lub tylnej), jest to kąt pomiędzy (rys.15a i b):

- linią 1 przechodzącą przez środki kół 2;
- linią 3 prostopadłą do osi geometrycznej podwozia OGP.



Rys. 15

Kąt przesunięcia kół przyjmujemy za dodatni (rys.15a), jeśli patrząc w kierunku przodu pojazdu, koło prawe jest ustawione bliżej przodu pojazdu niż koło lewe.

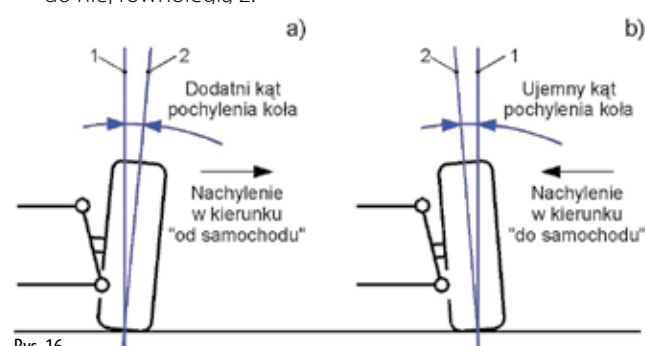
Kąt przesunięcia kół przyjmujemy za ujemny (rys.15b), jeśli patrząc w kierunku przodu pojazdu, koło lewe jest ustawione bliżej przodu pojazdu niż koło prawe.

Kąt przesunięcia kół jest nazywany również kątem nieprostokątności osi kół względem osi geometrycznej podwozia OGP.

2.9. Kąt pochylenia koła

Kąt pochylenia koła (rys.16), to kąt pomiędzy:

- prostą prostopadłą 1 do nawierzchni drogi;
- płaszczyzną symetrii koła lub płaszczyzną do niej równoległą 2.



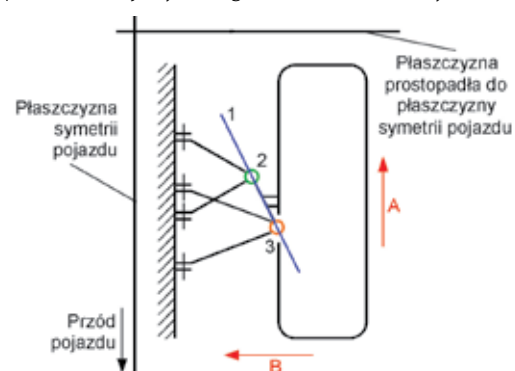
Rys. 16

Umownie kąt pochylenia koła przyjmujemy za (patrząc w osi podłużnej pojazdu - w osi X):

- dodatni (rys.16a), jeśli górna część koła jest odchylona w kierunku „od samochodu”;
- ujemny (rys.16b), jeśli górna część koła jest odchylona w kierunku „do samochodu”.

2.10. Kąt pochylenia, kąt wyprzedzenia i odcinek wyprzedzenia osi zwrotnicy

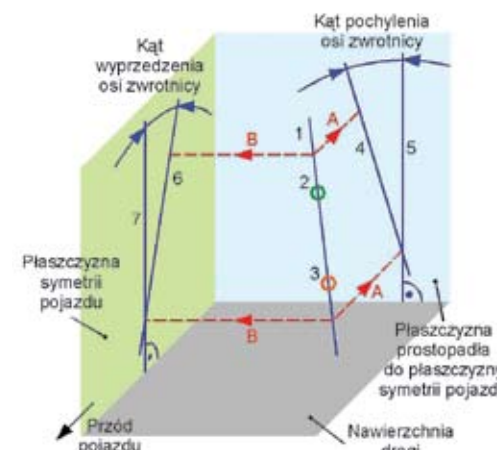
W zawieszeniach kół, zdecydowanej większości samochodów, nie ma elementu o nazwie sworzni zwrotnicy. Zwrotnica jest mocowana w dwóch przegubach (rys.17) - górnym 2 i dolnym 3. Wykonuje obroty wokół osi 1 przechodzącej przez środki tych przegubów. Z tego powodu używam określenia „oś zwrotnicy” a nie powszechniej używanego „sworzni zwrotnicy”



Rys. 17 Widok od góry (w osi Z) zawieszenia prawego przedniego koła.

Położenie osi zwrotnicy 1 (rys.17) określamy, definiując położenia jej rzutów:

- linią 4 (rys.18), czyli rzutu osi zwrotnicy 1 na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny symetrii pojazdu - linię 4 zobaczymy, jeśli popatrzymy na oś zwrotnicy 1 (musimy ją sobie wyobrazić), w kierunku A prostopadłym do płaszczyzny prostopadłej do płaszczyzny symetrii pojazdu;
- linią 6 (rys.18), czyli rzutu osi zwrotnicy 1 na płaszczyznę symetrii pojazdu - linię 6 zobaczymy, jeśli popatrzymy na oś zwrotnicy 1 (musimy ją sobie wyobrazić) w kierunku B prostopadłym do płaszczyzny symetrii pojazdu.



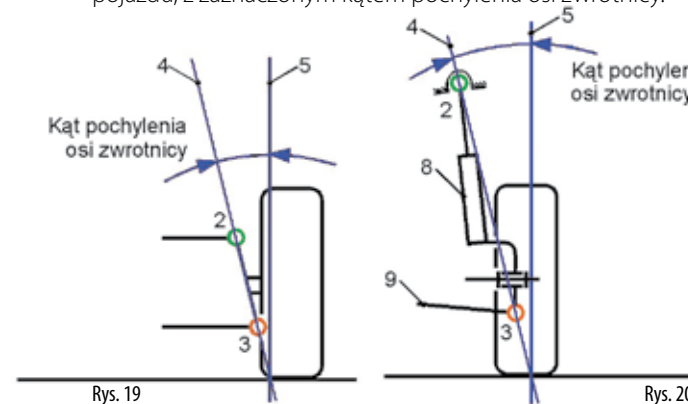
Rys. 18 Rzuty osi zwrotnicy 1, przechodzącej przez przeguby górny 2 i dolny 3, w kierunkach A i B, odpowiednio na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny symetrii pojazdu i na płaszczyznę symetrii pojazdu.

Położenie linii 4 (rys.18) - rzutu osi zwrotnicy 1 na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny symetrii pojazdu, określa kąt pochylenia osi zwrotnicy. Położenie linii 6 - rzutu osi zwrotnicy 1 na płaszczyznę symetrii pojazdu, określa kąt wyprzedzenia osi zwrotnicy.

Kąt pochylenia osi zwrotnicy (rys.18, 19 i 20), to kąt pomiędzy:

- linią 4 - rzutem osi zwrotnicy 1, na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny symetrii pojazdu;
- linią 5 - prostopadłą do nawierzchni drogi.

Na rys.19 jest pokazane zawieszenie koła przedniego, z dwoma poprzecznymi wahaczami, widziane od przodu pojazdu, z zaznaczonym kątem pochylenia osi zwrotnicy.



Rys. 19

Rys. 20

Na rys.20 jest pokazane koło przednie, zawieszone na kolumnie resorującej 8. Oś zwrotnicy i rzut 4 osi zwrotnicy, przechodzi przez środek łożyska 2, w którym kolumna obraca się w swoim górnym mocowaniu (w kielichu nadwozia), oraz przez środek przegubu 3 - połączenie zwrotnicy z dolnym wahaczem 9.

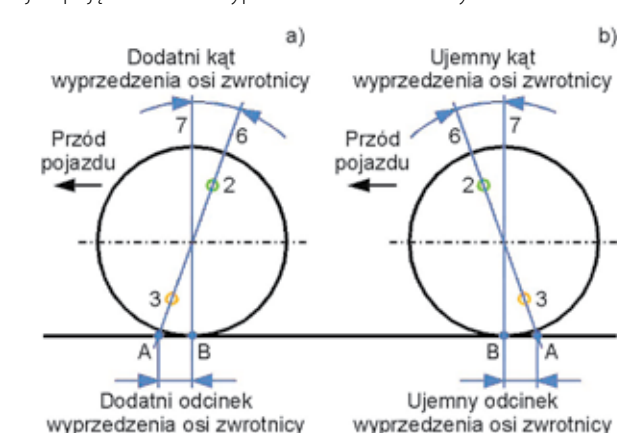
Kąt wyprzedzenia osi zwrotnicy (rys.18, 21 i 22), to kąt pomiędzy:

- linią 6 - rzutem osi zwrotnicy 1, na płaszczyznę symetrii pojazdu;
- linią 7 - prostopadłą do nawierzchni drogi, przechodzącą przez środek obrotu koła.

Umownie kąt wyprzedzenia osi zwrotnicy przyjmujemy za:

- dodatni (rys.21a), jeśli rzut 6 osi zwrotnicy jest nachylony w kierunku tyłu pojazdu;
- ujemny (rys.21b), jeśli rzut 6 osi zwrotnicy jest nachylony w kierunku przodu pojazdu.

Pojęciem również definiującym położenie rzutu 6 osi zwrotnicy, na płaszczyznę symetrii pojazdu, z którym możemy się spotkać, jest pojęcie odcinka wyprzedzenia osi zwrotnicy.

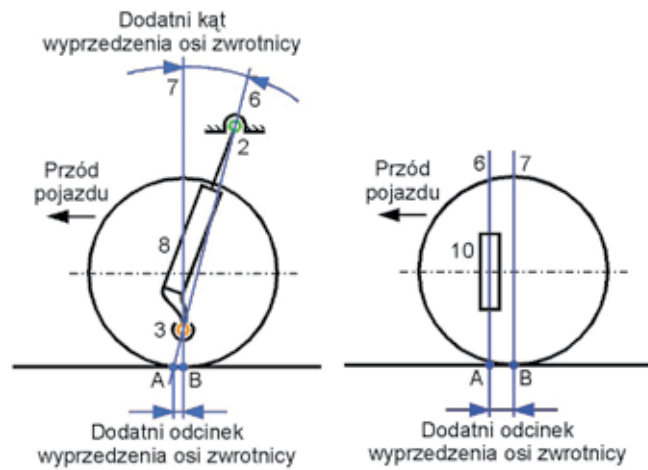


Rys. 21

Wyprzedzenie osi zwrotnicy, to odcinek mierzony na nawierzchni drogi, pomiędzy punktami (rys.21 i 22):

- A - przecięcia nawierzchni drogi, przez linię rzutu 6 osi zwrotnicy, na płaszczyznę symetrii pojazdu;
 - B - przecięcia nawierzchni drogi, przez prostą 7 do niej prostopadłą i przechodzącą przez środek obrotu koła.
- Umownie odcinek wyprzedzenia osi zwrotnicy przyjmujemy za:
- dodatni (rys.21a), jeśli punkt A jest przed punktem B (patrząc od przodu pojazdu);
 - ujemny (rys.21b), jeśli punkt B jest przed punktem A (patrząc od przodu pojazdu)

Na rys.22 jest pokazane koło przednie, zawieszone na kolumnie resorującej 8. Zgodnie z zasadą zilustrowaną na rys.18 i 21, zaznaczone są na rys.22 kąt i odcinek wyprzedzenia osi zwrotnicy. Na rys.22 jest pokazane zawieszenie, w którym rzut 6 osi zwrotnicy na płaszczyznę symetrii pojazdu jest równoległy do linii 7, czyli jest pionowy, a więc kąt wyprzedzenia osi zwrotnicy jest równy zero. Wówczas położenie rzutu 6 osi zwrotnicy na płaszczyznę symetrii pojazdu, względem prostej prostopadłej 7 do nawierzchni drogi, przechodzącej przez oś obrotu koła, określa tylko wartość odcinka wyprzedzenia osi zwrotnicy - na tym rysunku dodatnia.



Rys. 22

Rys. 23

2.11. Promień zataczania

Promień zataczania to odległość, mierzona na nawierzchni drogi, pomiędzy (rys.24a):

- punktem A przecięcia przez rzut 1 osi zwrotnicy, na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny symetrii pojazdu, nawierzchni drogi (na rys.18, ta linia jest oznaczona nr 4);
- punktem B styku opony z nawierzchnią drogi, leżącym na płaszczyźnie symetrii koła 2.

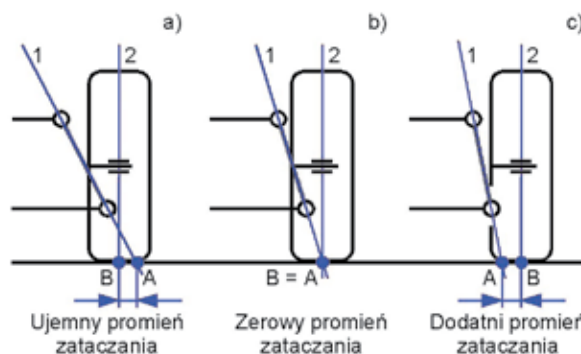
Umownie promień zataczania przyjmujemy za:

- ujemny (rys.24a), jeśli patrząc od strony zawieszenia koła, punkt B jest przed punktem A;
- zerowy (rys.24b), jeśli punkty A i B się pokrywają.
- dodatni (rys.24c), jeśli patrząc od strony zawieszenia koła, punkt A jest przed punktem B.

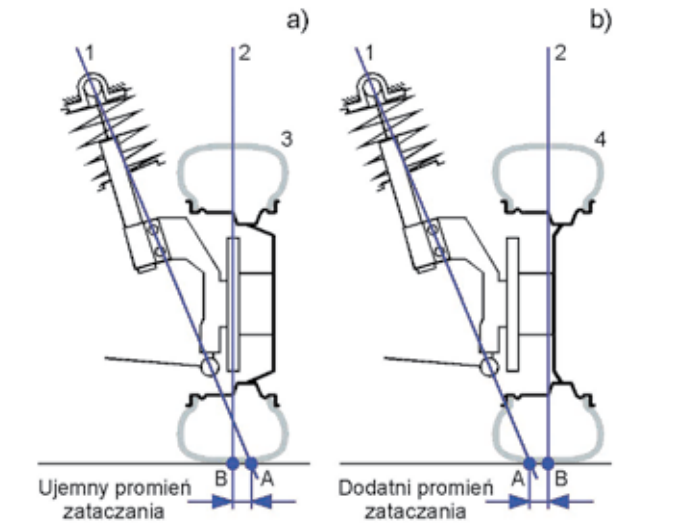
Wartość promienia zataczania jest bardzo ważna dla pracy zawieszenia. Od niej zależy między innymi oddziaływanie na koła przednie sił pochodzących od nierówności drogi oraz w szczególności wpływ sił hamowania, przeważnie o niejednakowych i stale zmieniających się podczas hamowania wartościach, na utrzymanie zamierzonego przez kierowcę toru jazdy.

Wartość promienia zataczania nie podlega pomiarowi w serwisie samochodowym, ale warto pamiętać, że na zmianę jego wartości wpływają:

- zmiana wartości kąta pochylenia koła (patrz pkt.2.9.);
- zmiana wartości kąta pochylenia osi zwrotnicy (patrz pkt.2.10);
- zmiana wartości odsadzenia tarczy koła (patrz rys.25) lub



Rys. 24



Rys.25 Zmiana wartości promienia zataczania, z ujemnego (rys.a) na dodatni (rys.b) spowodowana przez zmianę tarczy koła 3 na tarczę koła 4, mniejszej wartości odsadzenia (wymiar ET, na rys.1). Pozostałe oznaczenia na rysunku, takie same jak na 24.

montaż tarcz dystansowych pomiędzy tarczą koła a piastę, w celu zwiększenia rozstawu kół.

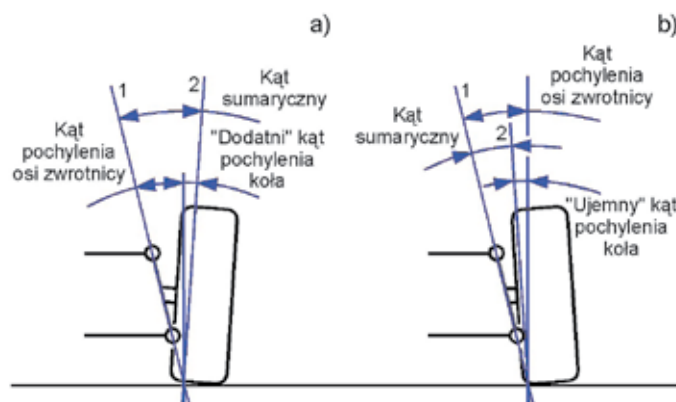
2.12. Kąt sumaryczny

Kąt sumaryczny to suma: kąta pochylenia koła i kąta pochylenia osi zwrotnicy. Sumując należy uwzględnić znaki kąta pochylenia koła: „+” dla dodatniego (rys.26a) i „-” dla ujemnego (rys.26b). Kąt sumaryczny jest też nazywany łącznym kątem pochylenia, bowiem jest kątem pomiędzy:

- rzutem 1 osi obrotu zwrotnicy (rys.26) na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny symetrii pojazdu (na rys.18, ta linia jest oznaczona nr 4);
- płaszczyzną symetrii koła lub płaszczyzną do niej równoległą 2.

Jeśli w samochodzie:

- nie są zamontowane tarcze kół, o wartości odsadzenia innej niż przewidziana przez producenta pojazdu (patrz rys.25);
- nie są zamontowane tarcze dystansowe pomiędzy piastą koła a tarczą koła;



Rys. 26

to od wartości kąta sumarycznego zależy tzw. promień zataczania koła.

Jak już wspomniałem, wartość promienia zataczania nie podlega pomiarowi w serwisie, ale jeśli:

- nie zostały wprowadzone żadne zmiany w zawieszeniu (np. montaż tarcz kół o innej wartości odsadzenia lub montaż tarcz dystansowych);
 - zawieszenie i piasta koła nie są uszkodzone;
- to wartość kąta sumarycznego, zgodna z zakresem wartości określonym przez producenta, gwarantuje prawidłową wartość promienia zataczania.

Przy tej samej wartości kąta sumarycznego, wartości kątów pochylenia koła i pochylenia osi zwrotnicy mogą mieć jednak różne wartości - patrz rys.27. Wartość kąta sumarycznego należy więc oceniać tylko razem z wartościami kątów pochylenia koła i pochylenia osi zwrotnicy. Jeśli choć jedna z wartości tych kątów jest poza wymaganym zakresem, to należy ustalić tego przyczynę.

2.13 Różnice kątów skrętu kół

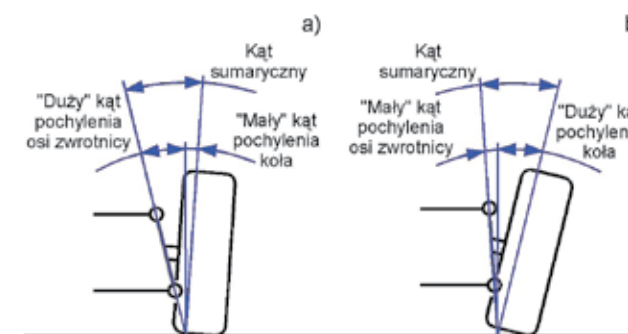
Zacznę wstępem. Koła przednie pojazdu poruszającego się w zakręcie, jadą po łukach o różnych promieniach (rys.28):

- koło zewnętrzne jedzie po łuku o większym promieniu - r_z ;
- koło wewnętrzne jedzie po łuku o mniejszym promieniu - r_w .

Jeśli uwzględniamy tylko cechy kinematyczne zawieszenia kół (jego charakterystyczne wymiary), bez uwzględnienia faktu, że z nawierzchnią drogi współpracuje opona, to kąt skrętu koła wewnętrznego KW, (koło lewe przednie LP na rys.28) musi być większy od kąta skrętu koła zewnętrznego KZ, bo promień łuku koła wewnętrznego jest mniejszy od promienia łuku koła zewnętrznego (koło prawe przednie PP). Różnica kątów skrętu obu kół:

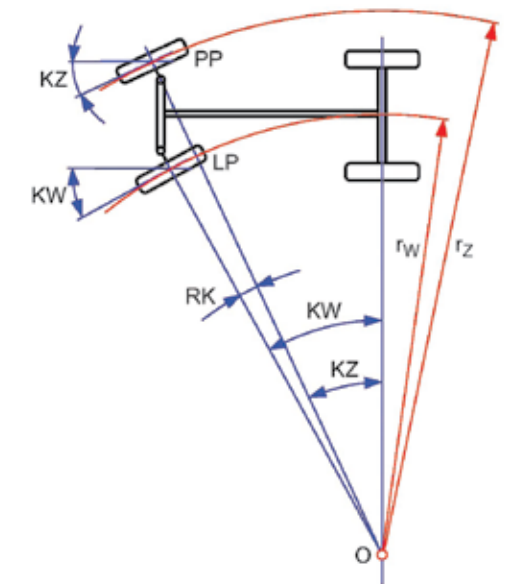
$$RK = KW - KZ$$

zależy wówczas tylko od wartości kąta skrętu koła wewnętrznego oraz od cech kinematycznych zawieszenia, ponieważ od nich, oraz od wartości kąta skrętu koła wewnętrznego, zależy wartość kąta skrętu koła zewnętrznego.



Rys.27 Tę samą wartość kąta sumarycznego, może mieć zawieszenie o: rys.a - „małym” kącie pochylenia koła i „dużym” kącie pochylenia osi zwrotnicy; rys.b - „dużym” kącie pochylenia koła i „małym” kącie pochylenia osi zwrotnicy (rys.b).

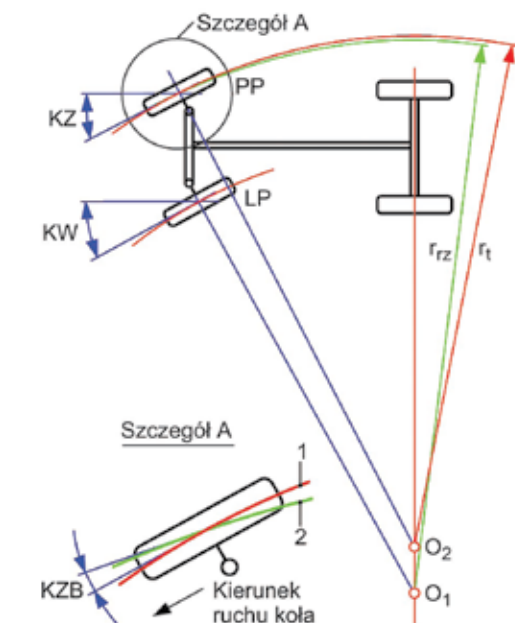
Rys.28



W warunkach rzeczywistych, na wartość kąta skrętu koła zewnętrznego ma również wpływ kąt znoszenia bocznego KZB opony (szczegół A, na rys.29). Kąt znoszenia bocznego KZB opony, to kąt pomiędzy chwilowym kierunkiem ruchu koła (styczna do toru ruchu 2) a płaszczyzną symetrii opony. Jego wpływ jest uwzględniany w różnym stopniu przez konstruktorów mechanizmów kierowniczych.

Jeśli uwzględniamy tę cechę opony i chcemy, aby koło zewnętrzne jechało po łuku 2, o promieniu r_z (rys.29), należy je skrócić o większy kąt. Teoretycznie koło powinno jechać po łuku 1, o mniejszym promieniu r_w , ale wskutek znoszenia bocznego opony, będzie jechać po łuku 2, o większym promieniu r_z . Wnioski z rysunku 29 są następujące:

- podczas jazdy samochodu w zakręcie, kąt skrętu koła przedniego wewnętrznego jest inny niż koła zewnętrznego;
- różnica kątów skrętu kół wewnętrznego i zewnętrznego, wynika z cech kinematycznych zawieszenia kół, oraz od



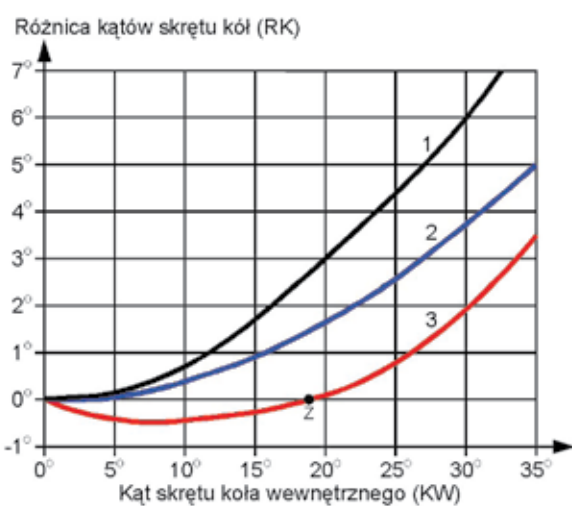
Rys.29

tego, w jakim stopniu konstruktor mechanizmu kierowniczego uwzględnił wpływ znoszenia bocznego montowanych w pojeździe opon – patrz rys.30;

Dla oceny prawidłowości pracy mechanizmu kierowniczego mierzymy różnicę kątów skrętu kół, przy ich skręceniu w lewą oraz w prawą stronę. Aby ocenić tę różnicę, należy dla danego modelu samochodu znać jej wartość wymaganą wraz z tolerancją. Pomiar wykonujemy jedną z dwóch metod, omówionych poniżej, bardzo do siebie podobnych, zależnie od tego, którą z nich wykorzystuje stanowisko do pomiaru geometrii kół i osi.

Pomiar różnicy kątów skrętu kół, przy skręceniu koła wewnętrznego o 20° (rys.31). Wykonujemy go w sposób opisany poniżej.

1. Skręcamy koła w lewą stronę (można też zacząć od skrętu w drugą stronę). Koło wewnętrzne, czyli lewe przednie LP, skręcamy o kąt KW(L) = 20°.



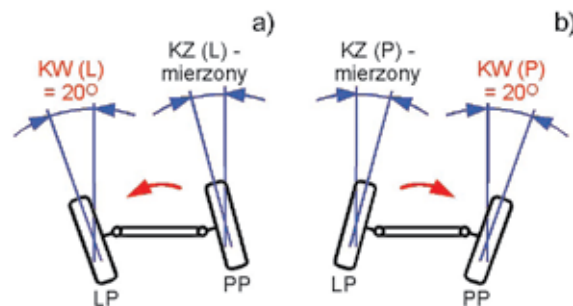
Rys.30 Linie wykresu przedstawiają wartość różnicy kątów skrętu kół RK w zależności od wartości skrętu koła wewnętrznego, dla: 1 - mechanizmu kierowniczego, uwzględniającego tylko cechy kinematyczne zawieszenia (bez uwzględnienia kąta znoszenia bocznego opony koła zewnętrznego) 2 - mechanizmu kierowniczego samochodu marki BMW; 3 - mechanizmu kierowniczego samochodu Mercedes. Przykładowe modele samochodów marek BMW i Mercedes miały napędzane koła tylne, oraz prawie takie same rozstawy kół i osi. Wartość dodatnia różnicy kąta skrętu kół RK oznacza, że o taką wartość kąt skrętu koła zewnętrznego jest mniejszy od kąta skrętu koła wewnętrznego. Wartość ujemna różnicy kąta skrętu kół RK oznacza, że o taką wartość kąt skrętu koła zewnętrznego jest większy od kąta skrętu koła wewnętrznego. Z linii wykresu widać, że przy konstrukcji mechanizmu kierowniczego obaj producenci, uwzględnili występowanie kąta znoszenia bocznego opony koła zewnętrznego, ponieważ w obu pojazdach, kąt skrętu koła zewnętrznego jest mniejszy od kąta skrętu koła wewnętrznego, o wartość mniejszą, niż wynika to tylko z cech kinematycznych zawieszenia - proszę porównać wartości linii wykresu nr 1 i 2 oraz 1 i 3. Ponadto w Mercedesie (linia 3), w zakresie kąta skrętu koła wewnętrznego od 0 do ok. 18° (punkt Z) kąt skrętu koła zewnętrznego jest nawet większy od kąta skrętu koła wewnętrznego (różnice kątów skrętu są w tym zakresie ujemne). Podsumowując - w tych modelach BMW i Mercedesa, koło zewnętrzne jest skręcane o kąt większy, niż wynika z cech kinematycznych zawieszenia, aby skompensować występowanie kąta znoszenia bocznego opony KZB (rys.29). Koło pojedzie torem 2 - pożądanym (rys.29), a nie torem 1 - teoretycznym. (Źródło: Reimpell J., Betzler J.: Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji)

- Odczytujemy zmierzony kąt skrętu koła zewnętrznego, czyli prawego przedniego PP - oznaczony KZ(L).
- Obliczamy różnicę kątów skrętu kół, przy skręceniu kół w lewo:

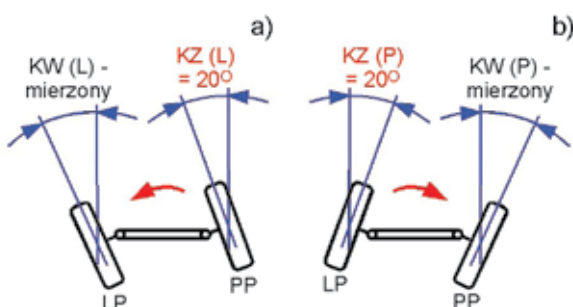
$$RK(L) = KW(L) - KZ(L) = 20^\circ - KZ(L)$$

a następnie porównujemy z wartością wymaganą (pamiętamy o tolerancji).

- Skręcamy koła w prawą stronę. Koło wewnętrzne, czyli prawe przednie PP, skręcamy o kąt KW(P) = 20°.



Rys.31 Pomiar różnic kątów skrętu kół, przy skręceniu kół w lewo (rys.a) oraz w prawo (rys.b), przy którym koło wewnętrzne (lewe przy skręceniu w lewo i prawe przy skręceniu w prawo) jest skręcane o kąt 20°. Oznaczenia na rysunku: KW(L) = 20° - kąt skrętu koła wewnętrznego równy 20°, przy skręceniu kół w lewo; KZ(L) - mierzone kąt skrętu koła zewnętrznego, przy skręceniu kół w lewo; KZ(P) - mierzone kąt skrętu koła zewnętrznego, przy skręceniu kół w prawo; KW(P) = 20° - kąt skrętu koła wewnętrznego równy 20°, przy skręceniu kół w prawo; LP - koło lewe przednie; PP - koło prawe przednie.



Rys.32 Pomiar różnic kątów skrętu kół, przy skręceniu kół w lewo (rys.a) oraz w prawo (rys.b), przy którym koło zewnętrzne (prawe przy skręceniu w lewo i lewe przy skręceniu w prawo) jest skręcane o kąt 20°. Oznaczenia na rysunku: KW(L) - mierzone kąt skrętu koła wewnętrznego, przy skręceniu kół w lewo; KZ(L) = 20° - kąt skrętu koła zewnętrznego równy 20°, przy skręceniu kół w lewo; KZ(P) = 20° - kąt skrętu koła zewnętrznego równy 20°, przy skręceniu kół w prawo; KW(P) - mierzone kąt skrętu koła wewnętrznego, przy skręceniu kół w prawo; LP - koło lewe przednie; PP - koło prawe przednie.

- Odczytujemy zmierzony kąt skrętu koła zewnętrznego, czyli lewego przedniego LP - oznaczony KZ(P).
- Obliczamy różnicę kątów skrętu kół, przy skręceniu kół w prawo:

$$RK(P) = KW(P) - KZ(P) = 20^\circ - KZ(P)$$

a następnie porównujemy z wartością wymaganą (pamiętamy o tolerancji).

- Obliczamy różnicę pomiędzy zmierzonymi różnicami kątów skrętu kół:

$$RK(L) - RK(P)$$

i porównujemy z zakresem wartości wymaganych. Pomiar różnicy kątów skrętu kół, przy skręceniu koła zewnętrznego o 20° (rys.32). Wykonujemy go w sposób opisany poniżej.

- Skręcamy koła w lewą stronę (można też zacząć od skrętu w drugą stronę). Koło zewnętrzne, czyli prawe przednie PP, skręcamy o kąt KZ(L) = 20°.
- Odczytujemy zmierzony kąt skrętu koła wewnętrznego, czyli lewego przedniego LP - oznaczony KW(L).
- Obliczamy różnicę kątów skrętu kół przy skręceniu kół w lewo:

$$RK(L) = KW(L) - KZ(L) = KW(L) - 20^\circ$$

a następnie porównujemy z wartością wymaganą (pamiętamy o tolerancji).

- Skręcamy koła w prawą stronę. Koło zewnętrzne, czyli lewe przednie LP, skręcamy o kąt KZ(P) = 20°.
- Odczytujemy zmierzony kąt skrętu koła wewnętrznego, czyli prawego przedniego PP - oznaczony KW(P).
- Obliczamy różnicę kątów skrętu kół przy skręceniu kół w prawo:

$$RK(P) = KW(P) - KZ(P) = KW(P) - 20^\circ$$

a następnie porównujemy z wartością wymaganą (pamiętamy o tolerancji).

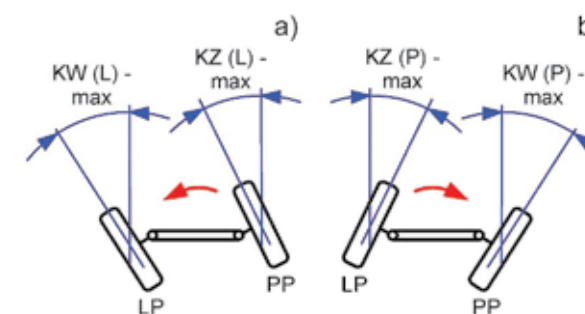
- Obliczamy różnicę pomiędzy zmierzonymi różnicami kątów skrętu kół:

$$RK(L) - RK(P)$$

porównujemy z zakresem wartości wymaganych.

2.14 Maksymalne kąty skrętu kół

Maksymalne kąty skrętu kół, są to maksymalne kąty skrętu koła wewnętrznego i zewnętrznego (rys.33), zmierzone przy skręceniu kół w lewo i przy skręceniu kół w prawo.

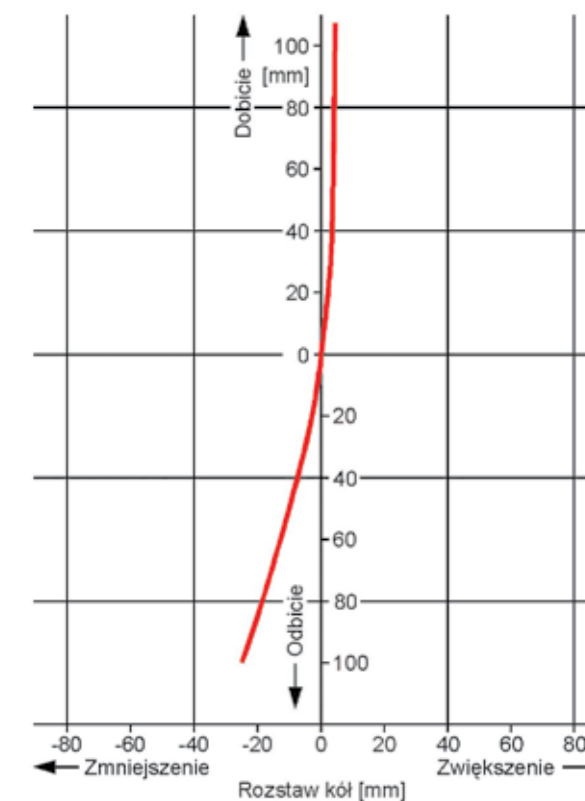


Rys.33 Maksymalny mierzony kąt skrętu kół, przy skręceniu kół w lewo (rys.a): KW(L) max - koła wewnętrznego; KZ(L) max - koła zewnętrznego, oraz przy skręceniu kół w prawo (rys.b): KZ(P) max - koła zewnętrznego; KW(P) max - koła wewnętrznego.

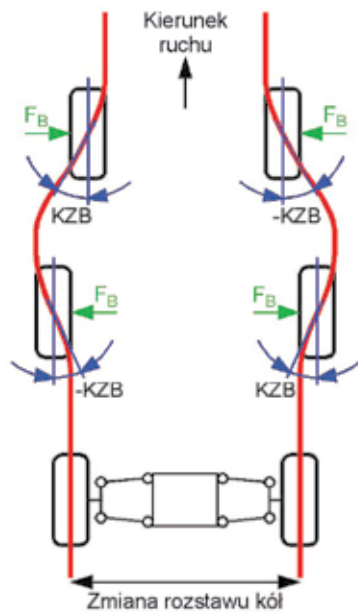
3. Zmiany ustawienia kół

Pomiar i regulacja ustawienia kół, jest wykonywana przy określonym przez producenta samochodu obciążeniu lub odległości wybranego elementu podwozia od nawierzchni. Jednak podczas jazdy samochodu, ustawienia kół zmieniają się. Te zmiany są powodowane przez:

- skoki dobicia koła (koło przesuwa się do góry i chowa się we wnękę) lub skoki odbicia koła (koło przesuwa się do dołu i wysuwa się z wnęki koła), które są powodowane

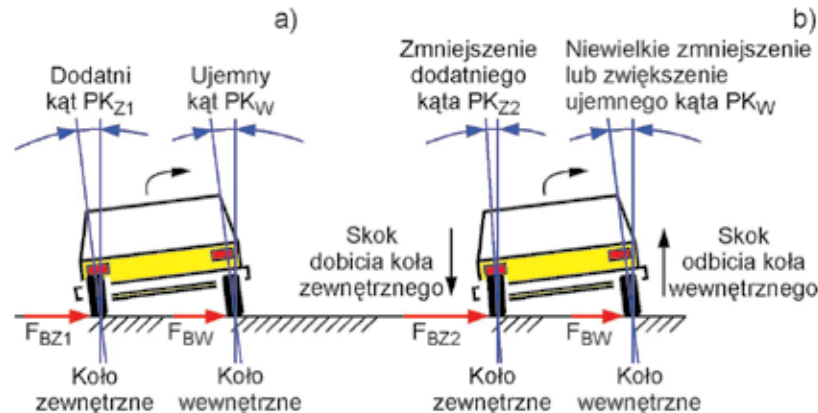


Rys.34 Zmiana rozstawu kół tylnych samochodu Audi A6 quattro (rocznik 1996) przy skoku dobicia lub odbicia koła. (Źródło: Reimpell J., Betzler J.: Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji)



Rys.35 Zmiana rozstawu kół samochodu i jej wpływ na zmianę toru ruchu kół oraz wartości kątów znoszenia bocznego (KZB) i sił bocznych (F_B).

Rys.37 Rysunki pokazują samochód widziany od tyłu, jadący w prawym zakręcie: a - bez korekcy niekorzystnego kąta pochylenia koła zewnętrznego tylnego; b - z korekcją kąta pochylenia koła zewnętrznego tylnego. Oznaczenia na rysunku: PK_{z1} i PK_{z2} - kąt pochylenia koła zewnętrznego, odpowiednio przed i po korekcji; PK_w - kąt pochylenia koła wewnętrznego; F_{Bz1} i F_{Bz2} - siły boczne działające na koło zewnętrzne, odpowiednio przed i po korekcji kąta pochylenia koła; F_{Bw} - siła boczna działająca na koło wewnętrzne.



przez obniżanie, podnoszenie, przechyły boczne lub podłużne nadwozia samochodu;

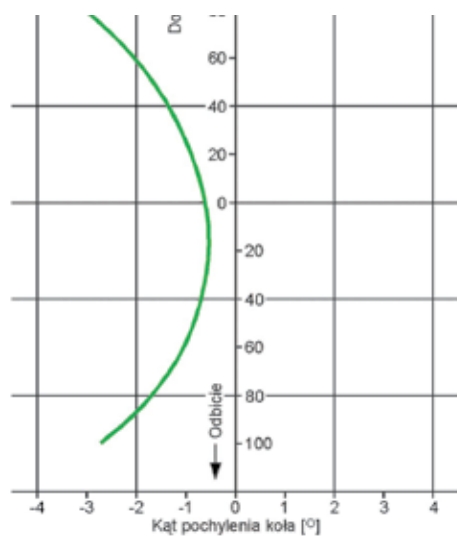
- siły działające na koła samochodu (napędowe, hamowania, boczne);

Aby zmiana ustawienia kół następowała zgodnie z wolą konstruktora, należy podczas napraw:

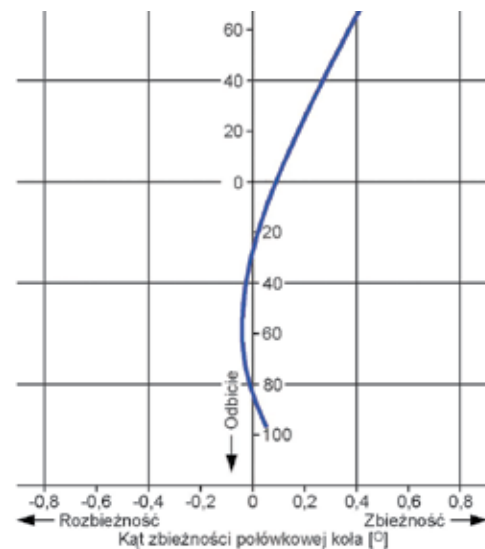
- montować markowe elementy podatne zawieszenia (wszelkiego rodzaju tuleje z elementem elastycznym, nie tylko muszą wyglądać jak oryginalne, ale również muszą mieć charakterystykę taką jak one);
- przestrzegać zaleceń dotyczących napraw, np. procedury dokręcania elementów zawieszenia.

Zaprezentuję dwa przykłady zmian ustawienia kół. Rysunki 34, 36 i 38 ilustrują pierwszy przykład - zmiany ustawień koła tylnego przykładowego samochodu, w zależności od skoku

dobicia lub obicia koła. Niekorzystnym następstwem tych ruchów koła jest zmiana rozstawu kół, z zawieszeniem niezależnym lub częściowo niezależnym (rys.34). Wielkość zmiany rozstawu kół, zależy od konstrukcji zawieszenia. Ruch koła w kierunku jego osi (rys.35), powodowany przez zmianę rozstawu kół, dodaje się z kierunkiem ruchu koła, np. jazdą na wprost (rys.35). Ustawienie koła względem jego chwilowego toru ruchu, charakteryzuje kąt znoszenia bocznego opony (KZB). Aby koło przesunąć w bok, trzeba pokonać siłę boczną F_B . Zwiększa to dodatkowo opór toczenia opony. Podczas pokonywania nierówności drogi, dodatkowe siły boczne F_B mogą działać na układ kierowniczy, oraz utrudniać utrzymanie prostoliniowego kierunku ruchu pojazdu. Zmiana rozstawu kół jest więc niepożądana, ale w niewielkim zakresie trudna do zlikwidowania.



Rys.36 Zmiana kąta pochylenia koła tylnego samochodu Audi A6 quattro (rocznik 1996) przy skoku dobicia lub odbicia koła. (Źródło: Reimpell J., Betzler J.: Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji)



Rys.38 Zmiana kąta zbieżności półkół tylnego samochodu Audi A6 quattro (rocznik 1996) przy skoku dobicia lub odbicia koła. (Źródło: Reimpell J., Betzler J.: Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji)

Dobicie lub odbicie koła, może powodować pożądaną zmianę kąta pochylenia kół, samochodu jadącego w zakręcie (rys.36). Wyjaśnia to rys.37. Na samochód jadący w zakręcie (na rys.37 w prawym), działa siła odśrodkowa (niezaznaczona na rysunku). Jest ona równoważona przez sumę sił bocznych F_{Bz1} i F_{Bw} (rys.37, pokazana jest tylko oś tylna). Siła boczna F_{Bz1} działająca na koło zewnętrzne, jest większa od siły bocznej F_{Bw} działającej na koło wewnętrzne, bowiem podczas jazdy w zakręcie, koła zewnętrzne samochodu są dociążane, a koła wewnętrzne odciążane. Jeśli siły boczne są w stanie zrównoważyć siłę odśrodkową działającą na samochód, utrzymuje się on na torze jazdy określonym przez kierowcę. Jeśli siły boczne nie są w stanie zrównoważyć siły odśrodkowej działającej na samochód, to wyrzuca ona samochód w kierunku zewnętrznej strony zakrętu.

Siła odśrodkowa przechyla samochód w kierunku „na zewnątrz zakrętu”. Razem z samochodem pochylają się również koła, w kierunku „na zewnątrz zakrętu”, przez co (rys.37a):

- koło zewnętrzne uzyskuje dodatni kąt pochylenia koła (PK_{z1});
- koło wewnętrzne uzyskuje ujemny kąt pochylenia koła (PK_w).

Takie pochylenia kół są niekorzystne ze względu na współpracę opon z drogą, ponieważ obniżają one wartości sił bocznych F_{Bz1} i F_{Bw} (rys.37a). Aby zmienić niekorzystne dodatnie pochylenie koła zewnętrznego, skok dobicia koła zewnętrznego powoduje, że zawieszenie zmienia kąt pochylenia koła w kierunku pochylenia ujemnego (rys.36), od wartości PK_{z1} do wartości PK_{z2} (rys.37a i b). Dzięki temu wartość siły bocznej rośnie, od wartości F_{Bz1} do wartości F_{Bz2} . W zawieszeniu przykładowego samochodu, niekorzystny ujemny kąt pochylenia tylnego koła wewnętrznego PK_w (rys.37), jest zmieniany tylko w niewielkim zakresie - patrz rys.36, w zakresie odbicia koła od 0 do 40mm. Wartość siły bocznej F_{Bw} nie ulega więc istotnym zmianom. Są też pojazdy, w których skok odbicia koła wewnętrznego powoduje, że zawieszenie zmienia kąt pochylenia koła w kierunku pochylenia dodatniego, aby zmniejszyć niekorzystny ujemny kąt pochylenia tego koła.

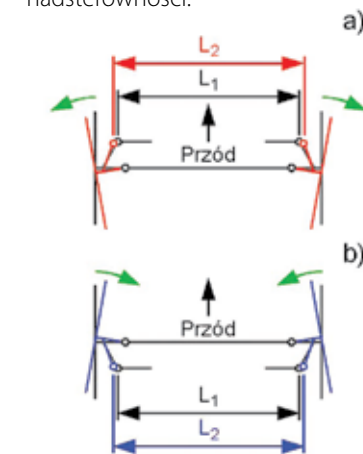


Rys.39 Zmiana ustawienia kół samochodu, podczas ruchu w zakręcie, w celu zmniejszenia tendencji samochodu do nadsterowności.

Skok dobicia lub odbicia kół tylnych, może być również wykorzystywany do zmiany wartości kątów zbieżności półkół tylnych (rys.38), w celu zmniejszenia skłonności samochodu do nadsterowności. Przechył samochodu jadącego np. w prawym zakręcie (rys.39), powoduje:

- skok dobicia (od wartości „0”, rys.38) lewego tylnego koła (LT) powoduje, że zawieszenie obraca to koło tak, by wzrosła wartość kąta zbieżności półkół tylnych (rys.39);
- skok odbicia (w zakresie od 0 do 60mm, rys.38) prawego tylnego koła (PT) powoduje, że zawieszenie obraca to koło tak, by wartość kąta zbieżności półkół tylnych malała; w zakresie skoku odbicia od 30 do 60 mm, występują ujemne wartości kąta zbieżności, czyli koło ustawia się rozbieżnie.

Wykorzystując ten sam mechanizm zmiany kątów zbieżności półkół tylnych, można zmniejszyć kąty skrętu kół przednich samochodu jadącego w zakręcie, np. prawym (rys. 39), również w celu zmniejszenia skłonności samochodu do nadsterowności.



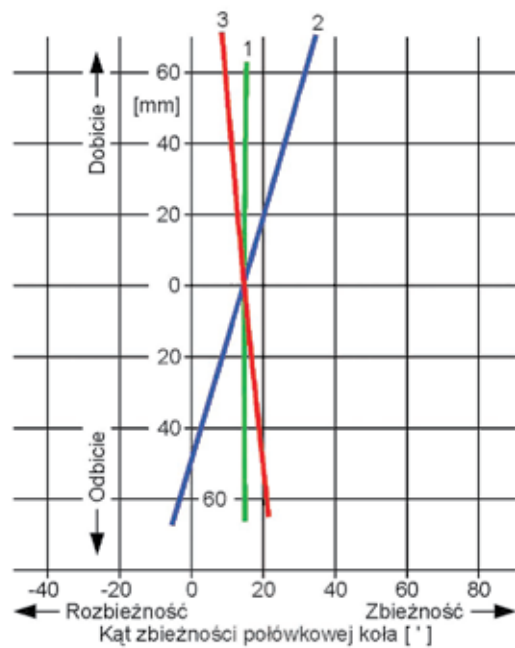
Rys.40 Wpływ zwiększenia odległości między zewnętrznymi przegubami bocznych drążków kierowniczych, od wartości L_1 do L_2 na kąt zbieżności kół przednich, w zależności od położenia drążków kierowniczych: a - przez osi przednią; b - za osi przednią.

Drugim przykładem zmian ustawień kół, ilustrowanym rysunkami 40, 41 i 42, jest zmiana zbieżności kół przednich. Przy skokach dobicia lub odbicia kół przednich, zmienia się względem siebie ustawienie drążków kierowniczych, co powoduje zmianę odległości pomiędzy zewnętrznymi przegubami bocznych drążków kierowniczych. Gdy odległość ta zwiększa się od wartości L_1 do L_2 (rys.40), to:

- układ kierowniczy, z drążkami kierowniczymi położonymi przed osią pojazdu (rys.40a), powoduje, że ustawienie kół przednich zmienia się w kierunku rozbieżności;
- układ kierowniczy, z drążkami kierowniczymi położonymi za osią pojazdu (rys.40b), powoduje, że ustawienie kół przednich zmienia się w kierunku zbieżności.



Rys.41 Tor ruchu zewnętrznego przegubu bocznych drążków kierowniczych, dla odpowiadających im położeni wewnętrznych przegubów tego drążka, oznaczonych nr 1, 2 i 3.



Rys.42 Zmiana kąta zbieżności połówkowej koła przedniego (są one podane w minutach kątowych, a przypomnę, że 1 stopień jest równy 60 minutom kątowym), przy skoku dobiecia lub odbicia koła, dla położenia wewnętrznego przegubu bocznego drążka kierowniczego względem przegubu zewnętrznego tego drążka, oznaczonych nr 1, 2 i 3 na rys.41. Wykres dotyczy układu kierowniczego z drążkami kierowniczymi położonymi za osią kół przednich. (Źródło: Reimpell J., Betzler J.: Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji)

To, czy przy skokach dobiecia lub odbicia kół przednich, wartość kąta zbieżności połówkowej zmienia się w kierunku rozbieżności lub zbieżności, oraz jak duża jest ta zmiana, zależy też od wysokości położenia wewnętrznego przegubu bocznego drążka kierowniczego względem zewnętrznego przegubu tego drążka (rys.41). Od tego położenia, zależy tor ruchu zewnętrznego przegubu bocznego drążka kierowniczego, podczas skoku dobiecia lub odbicia koła. Od torów ruchu obu zewnętrznych przegubów bocznych drążków kierowniczych, zależy, jak zmienia się odległość pomiędzy nimi - patrz wymiary L_1 i L_2 na rys.40.

Jeśli wewnętrzny przegub bocznego drążka kierowniczego, względem zewnętrznego przegubu tego drążka, jest położony:

- na tej samej wysokości (1 na rys.41) - to w zakresie skoku dobiecia lub obicia koła, pokazanym na wykresie na rys.42, kąt zbieżności połówkowej praktycznie nie zmienia się (linia 1 wykresu);
- za wysoko (2 na rys.41) - to w zakresie skoku dobiecia lub obicia koła, pokazanym na wykresie na rys.42, przy skoku dobiecia koła, kąt zbieżności połówkowej zmienia się w kierunku zbieżności (linia 2 wykresu), a przy skoku odbicia koła, kąt zbieżności połówkowej zmienia się w kierunku rozbieżności;

- za nisko (3 na rys.41) - to w zakresie skoku dobiecia lub obicia koła, pokazanym na wykresie na rys.42, przy skoku dobiecia koła, kąt zbieżności połówkowej zmienia się w kierunku rozbieżności (linia 3 wykresu), a przy skoku odbicia koła, kąt zbieżności połówkowej zmienia się w kierunku zbieżności.

W praktyce warsztatowej, zmiana położenia wewnętrznego przegubu bocznego drążka kierowniczego względem zewnętrznego przegubu tego drążka, nastąpi np. po zmianie długości sprężyny zawieszenia koła (wydłużenie lub skrócenie) w stosunku do sprężyny seryjnej.

4. Diagnostyka zawieszenia koła na podstawie wartości kątów: pochylenia osi zwrotnicy, pochylenia koła i sumarycznego

Jak wiemy z punktu 2.12., kąt sumaryczny to suma kąta pochylenia koła i kąta pochylenia osi zwrotnicy - patrz rysunki 26 i 27. Łączna ocena wartości kątów: sumarycznego, pochylenia koła i pochylenia osi zwrotnicy jest jedną z metod oceny sprawności zawieszenia. Jeśli wartość jednego lub więcej z wymienionych kątów jest po za zakresem prawidłowym dla danego kąta, to elementy zawieszenia tego koła i jego piastę, należy poddać szczegółowej kontroli.

Pomocne przy niej mogą być informacje ujęte w:

- **tabeli 1** - dla zawieszenia z kolumną resorującą typu MacPherson;
- **tabeli 2** - dla zawieszenia z dwoma wahaczami poprzecznymi.

Tabela 1
Diagnostyka zawieszenia koła z kolumną resorującą typu MacPherson, na podstawie wartości kątów: pochylenia osi zwrotnicy, pochylenia koła i sumarycznego
 (Na podstawie materiałów firmy Specialty Products Company)

Kąt pochylenia osi zwrotnicy	Kąt pochylenia koła	Kąt sumaryczny	Prawdopodobna przyczyna
Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Skrzywiony zespół piasty koła i/lub skrzywiona kolumna
Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Skrzywiony zespół piasty koła i/lub skrzywiona kolumna
Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Skrzywiony wahacz poprzeczny, górne mocowanie kolumny przesunięte w bok - w kierunku „od samochodu” lub rama pośrednia przesunięta z osi samochodu
Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Górne mocowanie kolumny przesunięte w bok - w kierunku „do samochodu” lub rama pośrednia przesunięta z osi samochodu
Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Skrzywiony wahacz poprzeczny lub górne mocowanie kolumny przesunięte w bok - w kierunku „od samochodu” I JEDNOCZEŚNIE skrzywiony zespół piasty koła i/lub skrzywiona kolumna
Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Skrzywiony wahacz poprzeczny lub górne mocowanie kolumny przesunięte w bok - w kierunku „od samochodu” I JEDNOCZEŚNIE skrzywiony zespół piasty koła i/lub skrzywiona kolumna
Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Skrzywiony wahacz poprzeczny lub górne mocowanie kolumny przesunięte w bok - w kierunku „od samochodu” I JEDNOCZEŚNIE skrzywiony zespół piasty koła i/lub skrzywiona kolumna

Uwagi:

1. Informacja „Wartość zgodna z wymaganym zakresem” oznacza, że wartość danego kąta mieści się w tolerancji określonej przez producenta.
2. Informacja „Wartość mniejsza od wymaganego zakresu” oznacza, że wartość danego kąta jest mniejsza od zakresu wartości wymaganego przez producenta.
3. Informacja „Wartość większa od wymaganego zakresu” oznacza, że wartość danego kąta jest większa od zakresu wartości wymaganego przez producenta.

Tabela 2**Diagnostyka zawieszenia koła z dwoma wahaczami poprzecznymi,
na podstawie wartości kątów: pochylenia osi zwrotnicy,
pochylenia koła i sumarycznego**

(Na podstawie materiałów firmy Specialty Products Company)

Kąt pochylenia osi zwrotnicy	Kąt pochylenia koła	Kąt sumaryczny	Prawdopodobna przyczyna
Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Skrzywiony zespół piasty koła
Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Skrzywiony dolny wahacz poprzeczny lub przesunięte poprzecznie punkty mocowania wahaczy
Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość zgodna z wymaganym zakresem	Skrzywiony górny wahacz poprzeczny lub przesunięte poprzecznie punkty mocowania wahaczy
Wartość mniejsza od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Wartość większa od wymaganego zakresu	Skrzywiony dolny wahacz poprzeczny lub skrzywiony zespół piasty koła

Uwagi:

1. Informacja „Wartość zgodna z wymaganym zakresem” oznacza, że wartość danego kąta mieści się w tolerancji określonej przez producenta.
2. Informacja „Wartość mniejsza od wymaganego zakresu” oznacza, że wartość danego kąta jest mniejsza od zakresu wartości wymaganego przez producenta.
3. Informacja „Wartość większa od wymaganego zakresu” .