

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

- Wstęp
- Koła i ich znaczenie dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy
- Zawieszenie
- Bibliografia

E-materiały do kształcenia zawodowego

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

MOT.06. Organizacja i prowadzenie procesu obsługi pojazdów samochodowych – Technik pojazdów samochodowych 311513

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

E-BOOK

Spis treści

- Wstęp
- Koła i ich znaczenie dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy
- Zawieszenie
- Bibliografia

Wstęp

E-book „Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych – kontrola i diagnozowanie” przedstawia kwestie związane ze znaczeniem kół dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy. W e-booku przeanalizowano stosowane przez producentów oznakowanie opon, a także wyjaśniono, w jaki sposób powinno przebiegać sprawdzanie ich stanu technicznego. Dużo miejsca poświęcono omówieniu znaczenia zawieszenia, amortyzatorów, geometrii i rozkładu mas na obręczy oraz szczelności ogumienia dla pracy opon, a także przedstawieniu kolejności działań w trakcie wyważania opon.

Powrót do spisu treści

Powiązane materiały multimedialne

- Kontrola stanu technicznego układu jezdnego - kierowniczego, podwozia, zawieszenia
- Badanie i kontrola stanu technicznego układu jezdnego, podwozia, zawieszenia

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

MOT.06. Organizacja i prowadzenie procesu obsługi pojazdów samochodowych – Technik pojazdów samochodowych 311513

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

E-BOOK

Spis treści

- Wstęp
- Koła i ich znaczenie dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy
- Zawieszenie
- Bibliografia

Koła i ich znaczenie dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy

Każdy kierowca, któremu choć raz zdarzyło się nie zmienić opon na zimowe przed nadejściem pierwszego śniegu, przyzna, że koła i ogumienie mają zasadniczy wpływ na komfort i bezpieczeństwo jazdy. Warto dodać, że nie chodzi tu wyłącznie o subiektywne odczucia kierującego pojazdem. Znaczny stopień zużycia i związany z tym zły stan techniczny ogumienia lub obręczy mogą być powodem przesyłania fałszywej informacji o wartości chwilowej prędkości obrotowej każdego z kół. Takie dane są potrzebne do niezakłóconego działania elektronicznych układów czuwających nad statecznością ruchu pojazdu, np. układu stabilizacji toru jazdy ESP. Nawet niewielka niesprawność układu jezdnego, np. wynikająca ze zbyt dużego lub zbyt małego ciśnienia powietrza w ogumieniu, niewłaściwie dobranego rozmiaru opon, jazdy na oponach różnej wielkości czy zróżnicowania wysokości rzeźby bieżnika, może stać się przyczyną wysyłania do układu ESP błędnej informacji o warunkach ruchu. To z kolei powoduje nieprawidłowe działanie układu, które stwarza zagrożenie dla bezpieczeństwa jazdy. Z tej perspektywy znajomość budowy oraz oznakowania ogumienia i obręczy, a także umiejętność ich poprawnego

zastosowania okazują się kluczowe w dążeniu do zapewnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Podstawowe informacje, które będą przydatne do diagnozowania stanu opon i obręczy, można znaleźć w oznaczeniach kodowych zamieszczanych przez producentów opon na ogumieniu i obręczy koła. Informacje te powinny być spójne bez względu na to, kto wyprodukował oponę. Kwestie te zostały bowiem unormowane przez prawodawstwo europejskie w regulaminie ECE R30.



Rys. 1. Oznakowanie opony według regulaminu ECE R30

Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Najważniejsze z punktu widzenia diagnostyki i napraw układu ogumienia są oznaczenia dotyczące następujących parametrów opony: szerokości, wysokości profilu, średnicy obręczy, indeksu nośności oraz symbolu prędkości. Dla kierowcy kluczowa może być ostatnia informacja: symbol prędkości oznacza maksymalną prędkość, przy jakiej producent gwarantuje bezpieczną eksploatację ogumienia. Progi bezpiecznej prędkości są oznaczane literowo zgodnie z poniższą tabelą.

Tabela 1. Symbole prędkości maksymalnej zalecanej przez producentów

Symbol	Prędkość maksymalna [$\frac{km}{h}$]	Symbol	Prędkość maksymalna [$\frac{km}{h}$]	Symbol	Prędkość maksymalna [$\frac{km}{h}$]
A1	5	E	70	S	180
A2	10	F	80	T	190
A3	15	G	90	U	200
A4	20	J	100	H	210

Symbol	Prędkość maksymalna [$\frac{\text{km}}{\text{h}}$]	Symbol	Prędkość maksymalna [$\frac{\text{km}}{\text{h}}$]	Symbol	Prędkość maksymalna [$\frac{\text{km}}{\text{h}}$]
A5	25	K	110	V	240
A6	30	L	120	W	270
A7	35	M	130	Y	300
A8	40	N	140	VR	> 200
B	50	P	150	ZR	> 240
C	60	Q	160	–	–
D	65	R	170	–	–

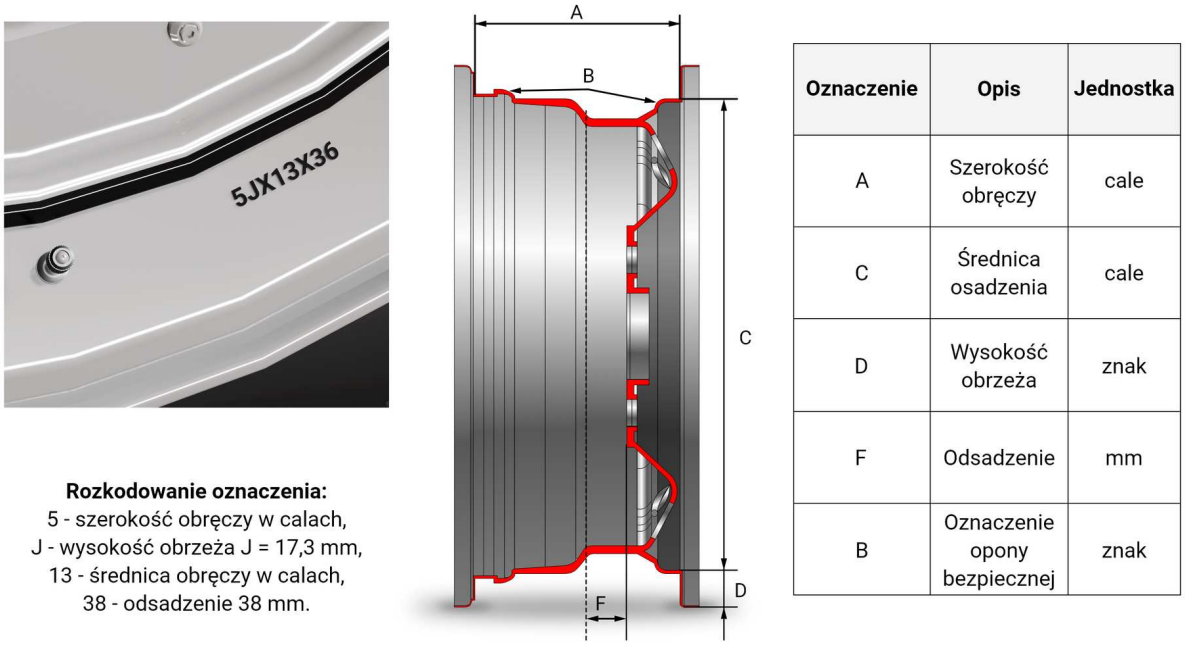
Indeks nośności przyjmuje wartości dwu- lub trzycyfrowe i oznacza maksymalne dopuszczalne obciążenie opony. Zestawienie indeksów nośności i powiązanych z nimi wartości dopuszczalnego obciążenia zebrano w tabeli nr 2.

Tabela 2. Indeksy nośności opon i odpowiadające im wartości dopuszczalnego obciążenia

Indeks nośności	Dopuszczalne obciążenie [kg]	Indeks nośności	Dopuszczalne obciązenie [kg]	Indeks nośności	Dopuszczalne obciązenie [kg]
60	250	83	487	106	950
61	257	84	500	107	975
62	265	85	515	108	1000
63	272	86	530	109	1030
64	280	87	545	110	1060
65	290	88	560	111	1090
66	300	89	580	112	1120
67	307	90	600	113	1150
68	315	91	615	114	1180
69	325	92	630	115	1215
70	335	93	650	116	1250
71	345	94	670	117	1285
72	355	95	690	118	1320

Indeks nośności	Dopuszczalne obciążenie [kg]	Indeks nośności	Dopuszczalne obciążenie [kg]	Indeks nośności	Dopuszczalne obciążenie [kg]
73	365	96	710	119	1360
74	375	97	730	120	1400
75	387	98	750	121	1450
76	400	99	775	122	1500
77	412	100	800	123	1550
78	425	101	825	124	1600
79	437	102	850	125	1650
80	450	103	875	126	1700
81	462	104	900	—	—
82	475	105	925	—	—

Ważnym aspektem są również profile bezpieczeństwa, które chronią oponę przed zsunięciem się jej do środka obręczy. W takie profile muszą być wyposażone obręcze do radialnego ogumienia bezdętkowego. Oznaczenia obręczy przedstawiono na poniższym rysunku.



Oznaczenie	Opis	Jednostka
A	Szerokość obręczy	cale
C	Średnica osadzenia	cale
D	Wysokość obrzeża	znak
F	Odsadzenie	mm
B	Oznaczenie opony bezpiecznej	znak

Rys. 2. Oznakowanie i wymiary obręczy

Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Dodatkowe identyfikatory obręczy bezpiecznych oznaczają:

- H – wygarbienie okrągłe jednostronne,
- H2 – wygarbienie okrągłe dwustronne,
- FH – wygarbienie płaskie jednostronne na obrzeżu zewnętrznym,
- FH2 – wygarbienie płaskie dwustronne,
- CH – wygarbienie kombinowane: okrągłe na obrzeżu wewnętrznym i płaskie na zewnętrznym,
- SL – obrzeże cylindryczne.

Wysokościom obrzeża obręczy przypisuje się oznaczenia literowe, a zależności w tym obszarze zebrano w tabeli 3.

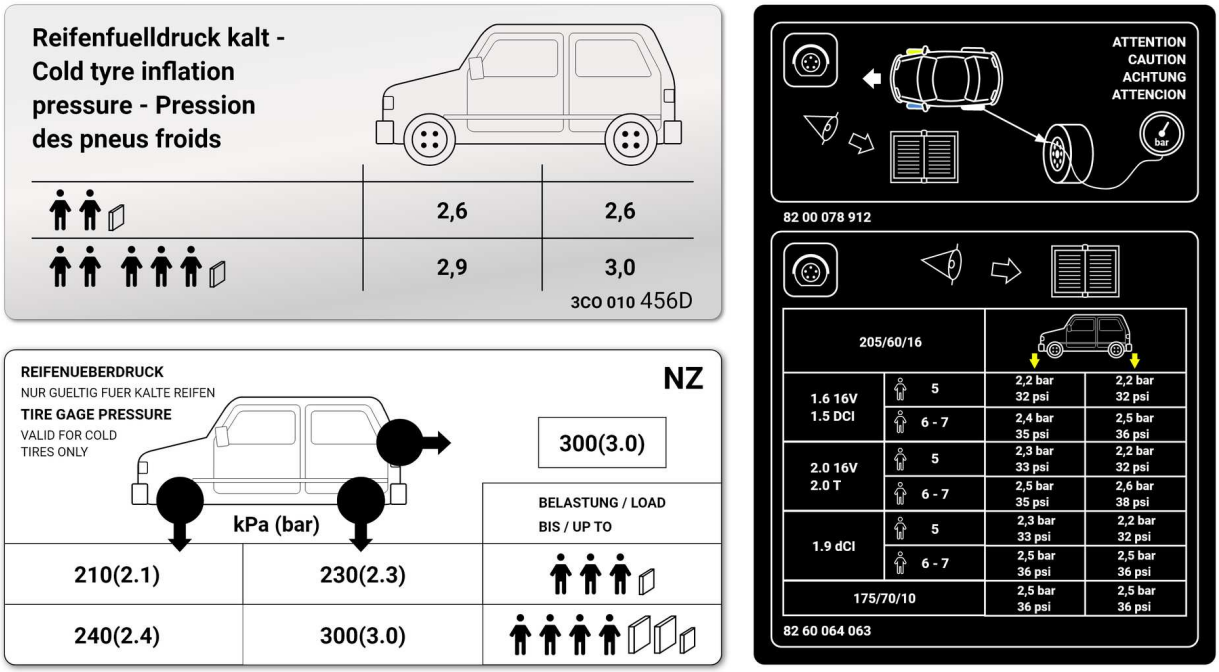
Tabela 3. Wysokości obrzeża obręczy i odpowiadające im oznaczenia literowe

Litera	Wysokość [mm]	Litera	Wysokość [mm]	Litera	Wysokość [mm]
C	15,9	J	17,3	S	33,3
D	17,5	K	19,6	T	38,1
E	19,8	P	25,4	Y	44,5
F	22,2	R	28,5	W	50,8

Do najczęściej spotykanych objawów niesprawności kół należą m.in. drgania odczuwalne w trakcie jazdy. Ich przyczyn należy szukać w nadmiernym biciu osiowym lub promieniowym opon lub obręczy, nieprawidłowym wyrównoważeniu kół albo w nierównomiernej sztywności promieniowej opon.

Sprawdzanie stanu technicznego opony

Stan techniczny opony można zdiagnozować, biorąc pod uwagę zalecenia i kryteria oceny, zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 27 września 2022 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach (Dz.U. z 2022 r. poz. 2066). Pojazd powinien być kontrolowany na dźwigniku lub na kanale przeglądowym. Przed rozpoczęciem badania konieczne jest wyregulowanie ciśnienia w oponach do wartości nominalnych, zalecanych przez producenta pojazdu z dokładnością do 0,01 MPa dla ciśnienia do 0,3 MPa lub 0,02 MPa, jeżeli ciśnienie zalecane przekracza 0,3 MPa. Informację o ciśnieniu nominalnym można znaleźć najczęściej na słupku środkowym lub na czołowej powierzchni drzwi bocznych po stronie kierowcy. Producenci samochodów umieszczają te zalecenia także na wewnętrznej stronie pokrywy wlewu paliwa. Przykłady etykiet informacyjnych prezentuje poniższy rysunek.



Rys. 3. Przykłady etykiet informujących o rozmiarze ogumienia oraz o zalecanym ciśnieniu w oponach
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Optymalny rozmiar opon określa producent danego pojazdu. Informacje na ten temat można znaleźć w świadectwie homologacji, w książce pojazdu lub na omawianych wyżej naklejkach umieszczonych w pojeździe. Indeks nośności zapewnia dopuszczalne obciążenie, które nie może być mniejsze niż maksymalny nacisk na koło. Wartość maksymalnego nacisku to iloraz maksymalnego nacisku na oś pojazdu i liczby kół danej osi. Dane dotyczące maksymalnego nacisku na oś można odczytać z tabliczki znamionowej pojazdu w kolejności od przodu do tyłu. Przykładową tabliczkę zaprezentowano na poniższym rysunku.



Rys. 4. Przykład tabliczki znamionowej pojazdu
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

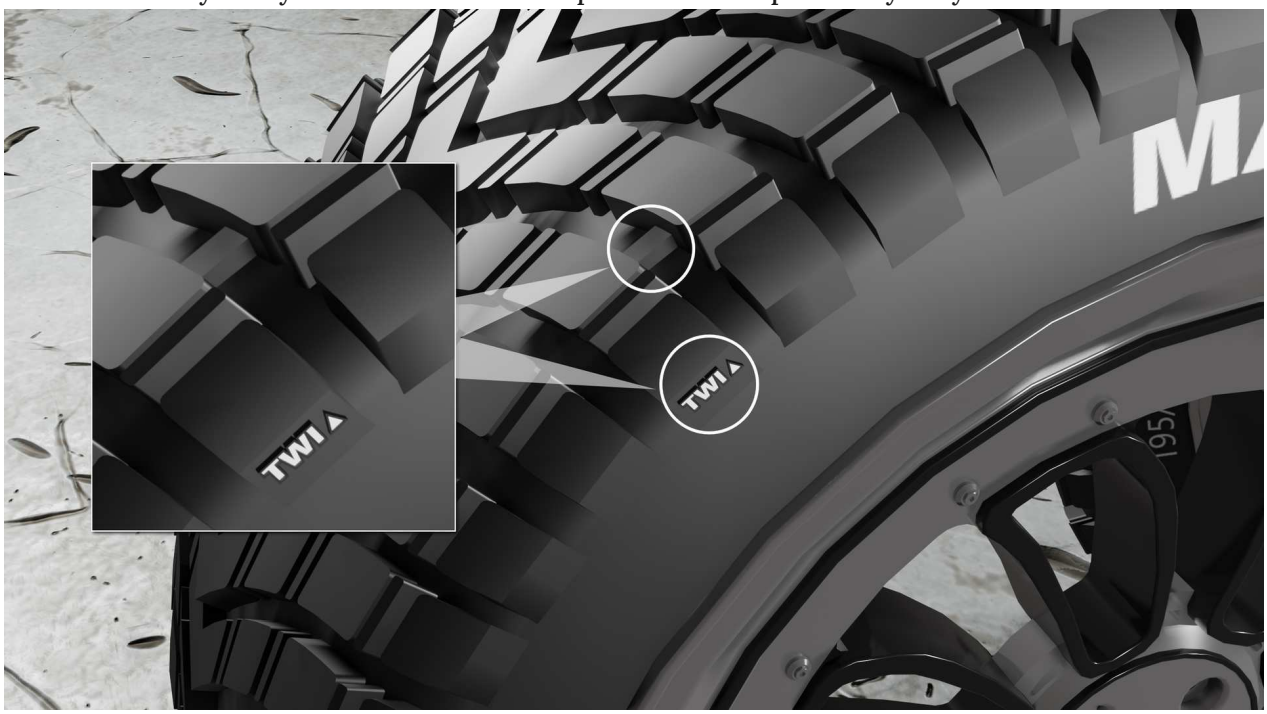
Indeks prędkości można natomiast ustalić, przyjmując za podstawę maksymalną prędkość pojazdu podawaną przez producenta w charakterystyce technicznej pojazdu. Prędkość wynikająca z indeksu prędkości zawsze powinna być mniejsza niż maksymalna prędkość pojazdu, z wyjątkiem ogumienia oznakowanego jako śniegowe zgodnie z dyrektywą $92/23/\mathrm{EWG}$. Takie opony mogą być użytkowane z indeksem prędkości Q ($160\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$) pod warunkiem umieszczenia naklejki ostrzegawczej o maksymalnej prędkości takich opon. Taka naklejka powinna być widoczna i czytelna dla kierowcy.

Opony montowane na tej samej osi powinny mieć jednakowy rozmiar. Natomiast koła bliźniacze wymagają stosowania ogumienia o podwójnym indeksie nośności, co oznacza, że mniejsza wartość indeksu dotyczy opony, która pracuje w kole bliźniaczym. Pojazd o dwóch osiach może mieć zamontowane różne opony:

- diagonalne lub diagonalne z opasaniem na kołach tylnej osi, jeśli na kołach przedniej osi pracują opony radialne,
- diagonalne na kołach tylnej osi, jeśli na kołach przedniej osi zostały zamontowane opony diagonalne z opasaniem.

Zgodność głębokości rzeźby bieżnika z wymaganiami rozporządzenia ws. warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia

Opony wyposażone we wskaźniki zużycia bieżnika, czyli TWI (ang. tread wear indicator), można użytkować do momentu zrównania się występów bieżnika z wartościami wskaźników. Przykłady wskaźników TWI pokazano na poniższym rysunku.



Rys. 5. Przykładowe wskaźniki zużycia bieżnika

Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Jeśli pojazd nie został wyposażony w TWI, za minimalną głębokość rzeźby bieżnika przyjmuje się $1,6\ \mathrm{mm}$. Wyjątkiem są tutaj autobusy dopuszczone do jazdy z prędkością do

$100\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Dla takich pojazdów minimalna głębokość rzeźby bieżnika wynosi $3\,\text{mm}$ i wymóg ten musi być spełniony na $\frac{3}{4}$ szerokości środkowej części opony.

Jedną z często występujących i niebezpiecznych nieprawidłowości jest ocieranie się opony o elementy nadwozia pojazdu. Taki problem może się pojawić wówczas, gdy w pojeździe zamontowano ogumienie:

- o rozmiarze niezgodnym z zaleceniami producenta, co podczas nagłych ugięć zawieszenia sprawia, że we wnęce koła opona styka się z elementami nadwozia,
- na obręczach zbyt osadzonych na zewnątrz pojazdu, co prowadzi do tego, że krawędź błotnika pozostawia otarcia na czole lub boku opony,
- o zbyt dużej średnicy zewnętrznej lub na obręczach zbyt mocno osadzonych do wewnątrz pojazdu, co powoduje tarcie wewnętrznych części nadkola lub podłużnicy przedniej o boki opony podczas skrętów o dużych kątach.

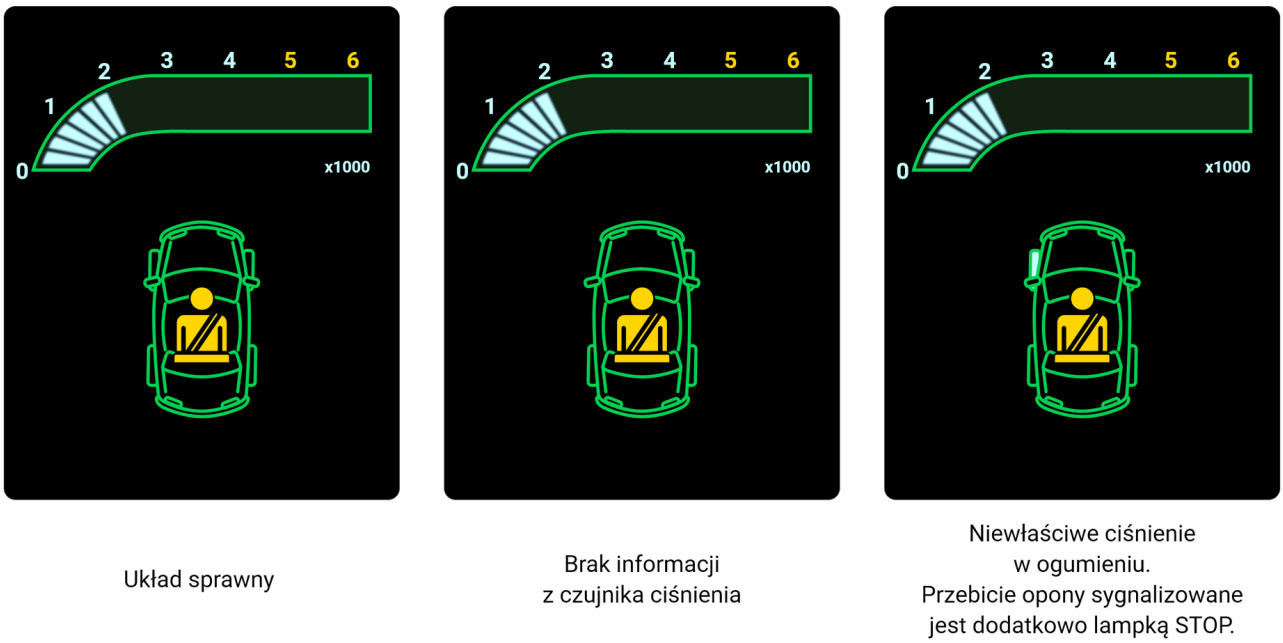
Polskie normy nakładają obowiązek, by opony bieżnikowane miały następujące oznakowania:

- BA lub **** – do jazdy z prędkością do $140\frac{\text{km}}{\text{h}}$,
- BB lub *** – do jazdy z prędkością do $140\frac{\text{km}}{\text{h}}$, montowane wyłącznie na osi tylnej,
- BC lub ** – do jazdy z prędkością $25\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Wytwórcy ogumienia bieżnikowanego w Europie oznaczają takie opony znakiem homologacyjnym E, a także numerem regulaminu, który stał się podstawą do wykonania opony o określonych parametrach. W Europie obowiązują odrębne regulaminy dla samochodów osobowych (EKG ONZ nr 108) i dla samochodów ciężarowych (EKG ONZ nr 109).

Ogumienie bieżnikowane można montować na dowolnych osiach pojazdu. Wyjątkiem są autobusy o dopuszczalnej prędkości do $100\frac{\text{km}}{\text{h}}$, w których stosowanie takich opon jest zabronione na osiach pojedynczych, chyba że wchodzą w skład osi wielokrotnych.

Współczesne prawo europejskie wymogło na producentach obowiązek montowania w nowych pojazdach układów TPMS (Tire Pressure Monitoring System). Takie systemy automatycznie monitorują ciśnienie powietrza w oponach i przekazują informację do kierowcy, gdy odnotowują spadek, który może mieć wpływ na bezpieczeństwo jazdy. Taki przykładowy sposób wyświetlania komunikatu dla kierowcy przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 6. Przykładowy komunikat dla kierowcy, informujący o utracie ciśnienia w ogumieniu lub przebiciu opony
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Na pogorszenie stanu technicznego ogumienia ma również wpływ:

- montowanie opon o odmiennej konstrukcji na jednej osi pojazdu, dotyczy to także różnej rzeźby bieżnika,
- użytkowanie opon, na których widać wyraźne pęknięcia naruszające osnowę opony,
- użytkowanie opon odkształconych,
- montowanie opon niezgodnie z ich przeznaczeniem dla danego rodzaju osi (np. napędowej lub nienapędowej),
- użytkowanie opon uszkodzonych, przebitych lub nieszczelnych.

Promieniowe i boczne bicie koła oraz ich pomiar

Pomiar bicia koła powinien być wykonany po uprzednim sprawdzeniu nakrętek i śrub mocujących. Należy sprawdzić, czy zostały one dokręcone właściwym momentem, zgodnie ze wskazaniami producenta pojazdu. Trzeba również sprawdzić sworznie zwrotnicy i łożyska koła piasty pod kątem nadmiernych luzów.

Norma BN – 75/3621 – 01 dopuszcza bicie promieniowe i osiowe obręczy oraz opony nieprzekraczające:

- 1,5 mm na obręczy i 3 mm na oponie w przypadku kół o średnicy obręczy do 13 cali,
- 2 mm na obręczy i 4 mm na oponie dla kół o średnicy obręczy powyżej 13 cali.

Zalecenia dla opon o indeksie prędkości S, H i V zakładają sumaryczne bicie 1 mm.

Jeśli bicie promieniowe na kole przekracza 2 mm, to nie ma możliwości, by wyrównoważyć koło tak, żeby zapewnić prawidłowe funkcjonowanie i komfortową jazdę.

Na poniższym rysunku przedstawiono sposoby pomiaru bicia osiowego i promieniowego dla obręczy i opony.



Rys. 7. Sposoby pomiaru bicia osiowego i promieniowego dla obręczy i opony
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Szczelność ogumienia

Konstrukcja opon zapewnia uszczelnienie otworu wokół przedmiotu, który wbił się w oponę, co zmniejsza ryzyko gwałtownego ujścia powietrza z opony. Od momentu, gdy element, który przebił oponę, zostanie z niej usunięty, w oponie zaczyna stopniowo zmniejszać się ciśnienie. Właśnie dlatego eksperci zalecają okresowe sprawdzanie ciśnienia w oponach i sprawdzanie szczelności ogumienia, gdy zostanie stwierdzony nagły spadek ciśnienia.

Jedną z metod badania szczelności opony jest pokrycie jej wodą z mydłem. Pojawienie się na powierzchni wody pęcherzyków powietrza wskazuje miejsce uszkodzenia opony. Ta metoda jest łatwa w zastosowaniu i dostępna, ale nie dostarcza pełnej informacji.

Drugi sposób badania szczelności ogumienia wymaga, by wcześniej wymontować koło z pojazdu i umieścić je w wannie, której wielkość pozwala na pełne zanurzenie badanego koła. Wcześniej należy napompować oponę do ciśnienia nominalnego. Podczas zanurzania koła należy lekko poruszać zaworem, by określić szczelność jego połączenia z obręczą. Tak jak w pierwszej metodzie, należy obserwować, czy gdzieś w wodzie widać pęcherzyki powietrza.

Ich obecność świadczy o nieszczelności opony, a miejsce, w którym się pojawią, pozwoli odnaleźć uszkodzenie.

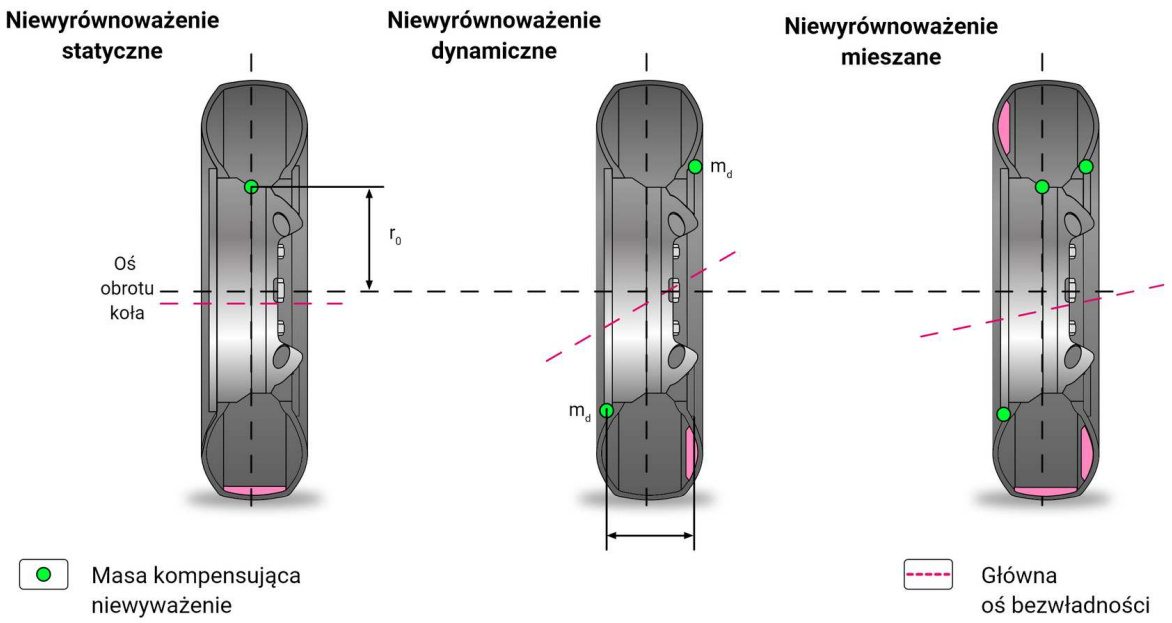
Geometria i rozkład mas na obręczy

Ponieważ koła samochodowe są elementami obrotowymi, które składają się z elementów różnie ustawionych względem siebie, mają odmienny rozkład mas wokół osi obrotu. To sprawia, że pojawia się problem niewyrównoważenia.

Koła mogą być niewyrównoważone:

- statycznie, kiedy główna oś bezwładności zostaje przesunięta równolegle do osi obrotu koła,
- dynamicznie – w tym przypadku oś bezwładności odchyla się od osi obrotu koła i przecina z osią obrotu w środku masy koła,
- w sposób mieszany, kiedy mamy do czynienia z niewyrównoważeniem statycznym i dynamicznym równocześnie.

Wszystkie trzy rodzaje niewyrównoważenia prezentuje poniższy rysunek.



Rys. 8. Rodzaje niewyrównoważenia kół
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wielkość niewyrównoważenia statycznego możemy obliczyć, przyjmując iloczyn masy ciężarka wyważającego i odległości jego środka masy do osi obrotu, czyli najczęściej promienia obręczy. To działanie można opisać wzorem:

$$N_{stat} = m_s r_0$$

gdzie:

- N_{stat} – niewyrównoważenie statyczne,
- m_s – masa ciężarka,
- r_0 – odległość środka masy ciężarka od osi obrotu.

Niewyrównoważnie dynamiczne można wyrazić wzorem:

$$N_{dyn} = m_d b$$

gdzie:

- N_{dyn} – niewyrównoważenie dynamiczne,
- m_d – masa jednego z dwóch jednakowych ciężarków wyważających,
- b – odległość środka masy ciężarka od osi obrotu.

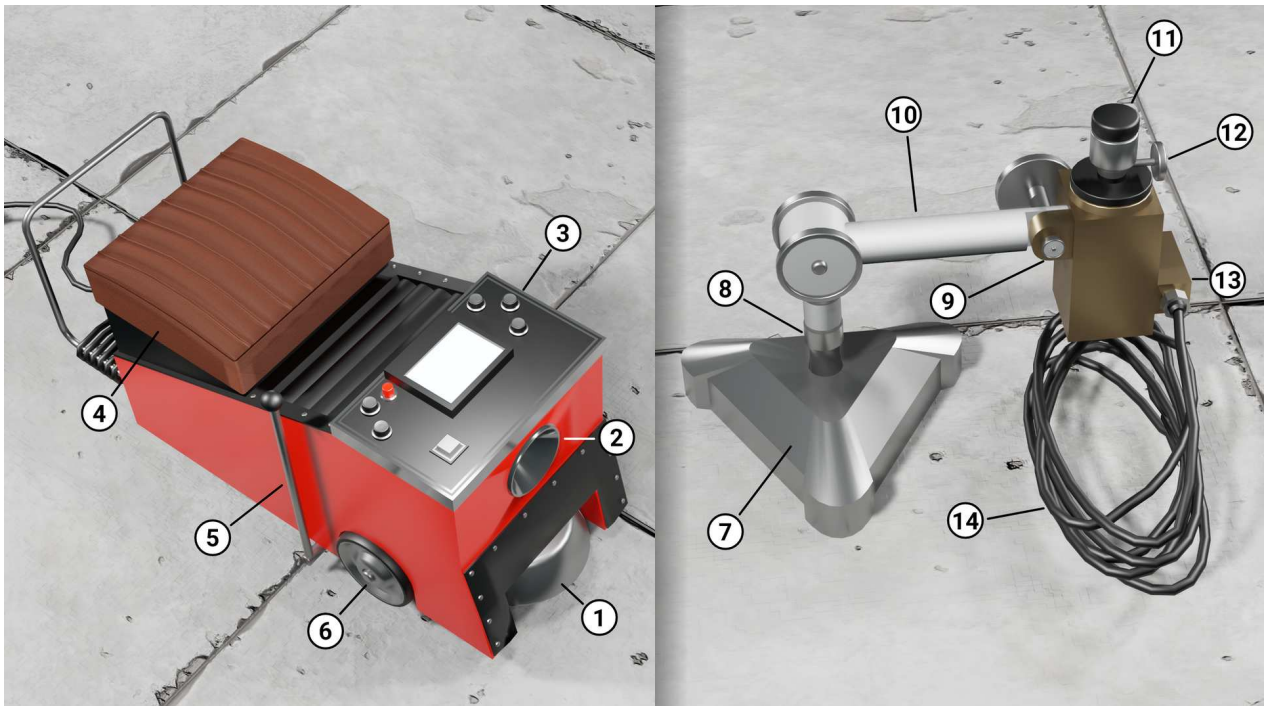
Dopuszczalna wartość szczątkowego niewyrównoważenia, zarówno statycznego, jak i dynamicznego, jest zależna od maksymalnej prędkości pojazdu oraz od średnicy obręczy kół. W przypadku kół wymontowanych z pojazdu przyjmuje się zgodnie z normą $\mathrm{BN} - 75/3621 - 0$ zakres wartości niewyrównoważenia statycznego od 360 do $720\,\mathrm{gcm}$. Dla niewyrównoważenia dynamicznego przyjmuje się wartości trzykrotnie mniejsze. Dla kół już zamontowanych w pojeździe można natomiast przyjąć wartości o 25% większe.

Wyważarki do kół jezdnych

Wyważarki są urządzeniami służącymi do diagnozowania, lokalizowania i usuwania niewyważenia kół jezdnych pojazdu. W zależności od sposobu wyważania w warsztatach używa się wyważarek stacjonarnych do wyważania kół wymontowanych z pojazdu oraz dostawnych, które pozwalają na wyważanie kół bez konieczności ich wymontowania z pojazdu.

Wyważarki stacjonarne w porównaniu z dostawnymi są droższe i wymagają większego nakładu pracy. Jednak na ich korzyść przemawia duża dokładność pomiarów. Z drugiej strony wykonane na nich pomiary nie pozwalają uwzględnić niewyrównoważenia tarczy hamulcowej i piasty koła oraz nieprawidłowego środkowania koła w piaście. Tutaj przewagę zyskują wyważarki dostawne, ale nie pozwalają one precyzyjnie ustalić masy wyrównoważającej.

Wyważarki dostawne są zbudowane z wyważarki z układem napędowym oraz czujnika drgań. Zwykle takie wyważarki są również rezonansowe. Budowę wyważarki dostawnej prezentuje poniższy rysunek.



Rys. 9. Budowa wyważarki dostawnej: 1 - koło napędowe, 2 - lampa błyskowa, 3 - tablica sterownicza, 4 - fotel operatora, 5 - korpus, 6 - zespół jezdny, 7 - podstawa, 8 - zacisk ze słupkiem, 9 - przeguby, 10 - dźwignia, 11 - głowica z magnesem, 12 - zacisk z przegubem, 13 - korpus głowicy, 14 - przewody
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wyrównoważanie kół zamontowanych w pojeździe jest metodą skuteczną pod warunkiem, że zawieszenie pojazdu jest sprawne i pozbawione nadmiernych luzów. Podczas jazdy koło wykonuje ruchy obrotowe w odniesieniu do dwóch osi: tulei wahaczy i sworznia zwrotnicy. W związku z tym podczas wyrównoważania należy wykonać te dwie operacje, które wiążą się z likwidacją drgań w płaszczyźnie poziomej, czyli niewyrównoważenie dynamiczne, oraz pionowej, czyli niewyrównoważenie statyczne. Aby wykonać pomiary, czujnik drgań z podstawką magnetyczną należy przystawić do wahacza, co zapewni nam pomiar w płaszczyźnie pionowej. Następnie przystawka powinna znaleźć się przy tarczy nośnej hamulca, co pozwala na pomiar w płaszczyźnie poziomej. Koło wprawione w ruch za pomocą koła napędowego wyważarki wywołuje drgania, które są odbierane przez czujnik drgań wyważarki. Czujnik przekazuje sygnał w formie napięcia, które jest proporcjonalne do amplitudy drgań. Układ pomiarowy wyważarki poddaje ten sygnał analizie, dając możliwość oceny niewyrównoważenia. W momencie gdy jest rejestrowana maksymalna amplituda drgań, lampa stroboskopowa wyważarki emituje światło. Światło to pada na wirujące koło, co pozwala na ustalenie położenia ciężarków wyrównoważających.

Kolejność działań w trakcie wyrównoważania statycznego:

1. Badane koło należy unieść na wysokość ok. 50 mm.
2. Czujnik drgań należy umieścić tak, by mógł odbierać drgania pionowe. Najczęściej umieszcza się czujnik pod sworzniem zwrotnicy.
3. Zaznaczyć linię z boku opony.

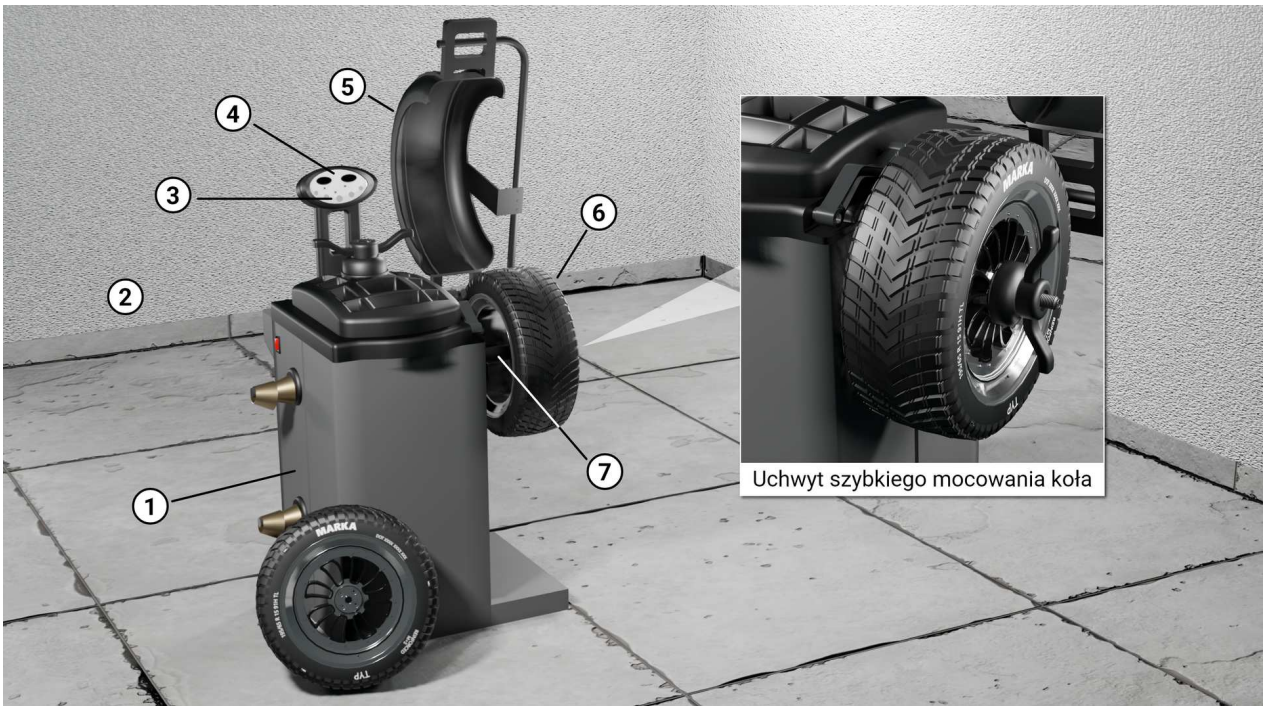
4. Włączyć napęd wyważarki i rozpędzić koło do prędkości obrotowej przekraczającej prędkość rezonansową układu.
5. Odsunąć element napędowy wyważarki od koła.
6. Obserwować w świetle lampy stroboskopowej linię na oponie i zapamiętać ułożenie koła.
7. Zatrzymać koło.
8. Ustawić koło w zapamiętanym położeniu.
9. Zamocować masę wyrównoważającą w górze koła, nad osią jego obrotu.

W przypadku dynamicznego wyważania koła wykonuje się podobne czynności z kilkoma różnicami. Pierwsza z nich dotyczy umiejscowienia czujnika odbierającego drgania w płaszczyźnie poziomej. Odmienne jest też miejsce mocowania ciężarków na obręczy w płaszczyźnie poziomej, która przechodzi przez oś obrotu koła.

Wyważarki stacjonarne najczęściej są nadrezonansowe i dają możliwość wyrównoważenia koła wymontowanego z pojazdu. Na rynku są dostępne wersje wyważarek do kół samochodów osobowych i do ciężarowych. Wyważarki stacjonarne są wykorzystywane do dynamicznego wyrównoważania kół w jednym cyklu pomiarowym. Ten typ wyważarek zapewnia dużą dokładność i szybkość pomiarów. Wyważarki stacjonarne mają trzy zakresy dokładności:

- bardzo duża dokładność do 1 g – do wyrównoważania kół motocykli i samochodów osobowych,
- średnia dokładność do 5 g – do stosowania w przypadku kół samochodów dostawczych i większych osobowych,
- przybliżona dokładność do 10 g – do stosowania wyłącznie w przypadku pojazdów ciężarowych.

Wyważarka stacjonarna jest zbudowana z następujących podzespołów: układ mocowania koła, układ optoelektryczny do pomiaru prędkości obrotowej, czujniki pomiaru wartości niewyrównoważenia, monitor z możliwością wprowadzania danych i odczytu pomiarów oraz obudowa. Budowę wyważarki stacjonarnej zaprezentowano na rysunku poniżej.



Rys. 10. Budowa wyważarki stacjonarnej: 1 - obudowa wyważarki, 2 - wyłącznik zasilania, 3 - klawiatura do wprowadzania danych, 4 - monitor LCD, 5 - osłona, 6 - wywrównoważane koło, 7 - nastawnik
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W celu wyrównoważenia koła na wyważarce stacjonarnej należy:

1. Wymontować koło z pojazdu.
2. Skontrolować ciśnienie powietrza w oponie. W razie potrzeby koło należy dopompować.
3. Oczyścić koło z zanieczyszczeń.
4. Usunąć montowane wcześniej ciężarki wyrównoważające.
5. Zamontować koło w uchwycie wyważarki.
6. Wprowadzić do urządzenia dane koła, takie jak szerokość i średnica obręczy, odległość płaszczyzny wewnętrznej obręczy od wyważarki. Dane można wprowadzić automatycznie, wykorzystując system pomiarowy wyważarki, lub ręcznie. Niektóre modele wyważarek dają też możliwość wprowadzenia danych dodatkowych, takich jak miejsce i rodzaj mocowanych ciężarków.
7. Uruchomić proces wyważania.
8. Odczytać wskazania wyważarki, czyli wartości i miejsce mocowania mas wyrównoważających.
9. Zamontować odpowiednie ciężarki we wskazanych miejscach.
10. Ponownie zamontować koło w pojeździe.

Obecnie na rynku są dostępne wyważarki z dodatkowym wyposażeniem, które pozwala na przykład analizować błędy pomiarowe wyrównoważania. Niektóre modele mogą również zasugerować rozwiązania, np. wskazać przesunięcie ciężarka lub zmienić jego masę. Są też systemy, które dają możliwość wyrównoważenia koła z ciężarkami mocowanymi na stronie wewnętrznej, niewidocznej.

Metody sprawdzania prawidłowości wyrównoważenia koła:

- jazda próbna,
- badanie techniczne na stanowisku kontrolnym,
- badanie na wyważarce.

Drgania kół pojawiające się przy prędkości od 60 do $120\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ mogą być symptomem niewyrównoważenia dynamicznego. Jeśli niewyrównoważenie dotyczy kół przednich, drgania będą odczuwalne na kole kierownicy, a w przypadku kół tylnych będzie to odczuwalne jako drgania całego nadwozia.

Niewyrównoważenie statyczne objawia się plackowatym zużyciem czoła bieżnika opony, które pojawia się po przejechaniu 3–4 tysięcy kilometrów.

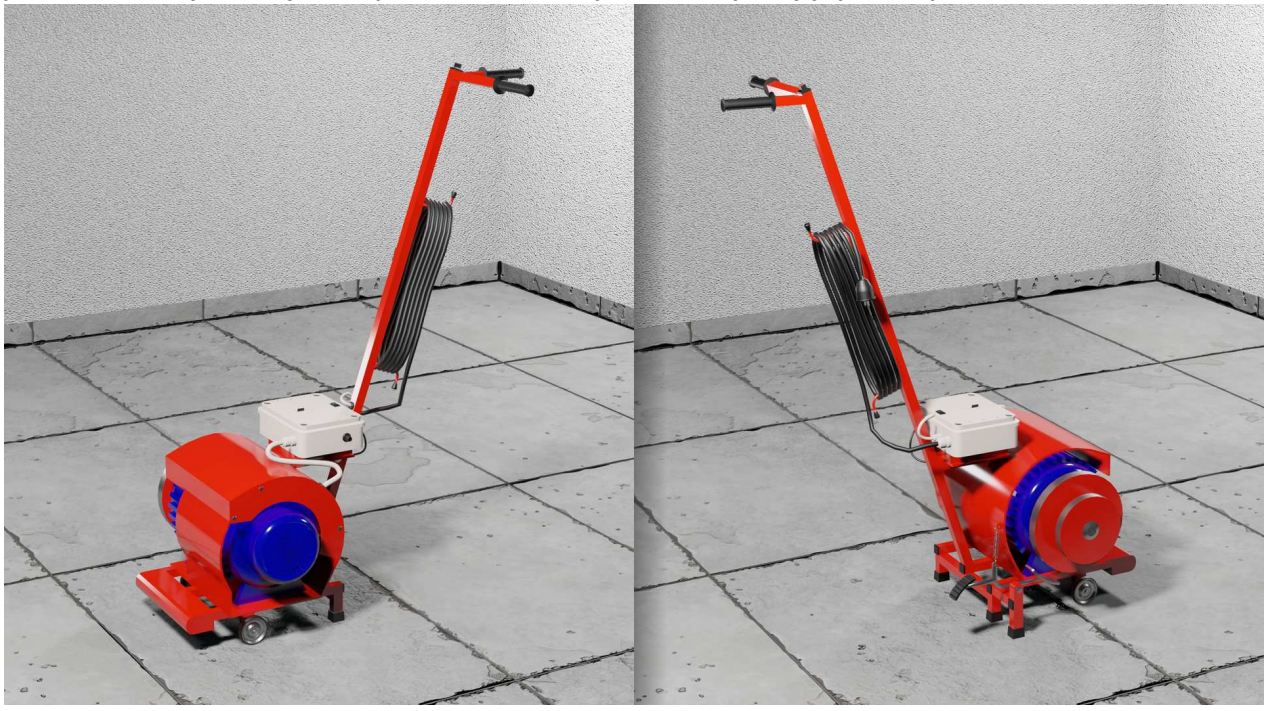
Sprawdzanie kół napędowych należy poprzedzić:

- zabezpieczeniem samochodu przed przemieszczeniem podczas badania,
- uniesieniem kół,
- uruchomieniem silnika i rozpędzeniem do prędkości między 60 a $120\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$, przy której mogą występować drgania rezonansowe typowe dla niewyrównoważenia.

W trakcie badania należy szukać drgań kół oraz całego nadwozia.

Podobny tryb postępowania obowiązuje w przypadku sprawdzania kół osi nienapędzanej, z tą różnicą, że do rozruchu kół należy wykorzystać przystawkę napędową.

Przystawka napędowa jest wyposażona w bęben napędzający, który wprawia koło w ruch.



Rys. 11. Przystawka napędzająca, jej budowa i zastosowanie

Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Powrót do spisu treści

Powiązane materiały multimedialne

- Kontrola stanu technicznego układu jezdnego - kierowniczego, podwozia, zawieszenia
- Badanie i kontrola stanu technicznego układu jezdnego, podwozia, zawieszenia

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

E-BOOK

Spis treści

- Wstęp
- Koła i ich znaczenie dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy
- Zawieszenie
- Bibliografia

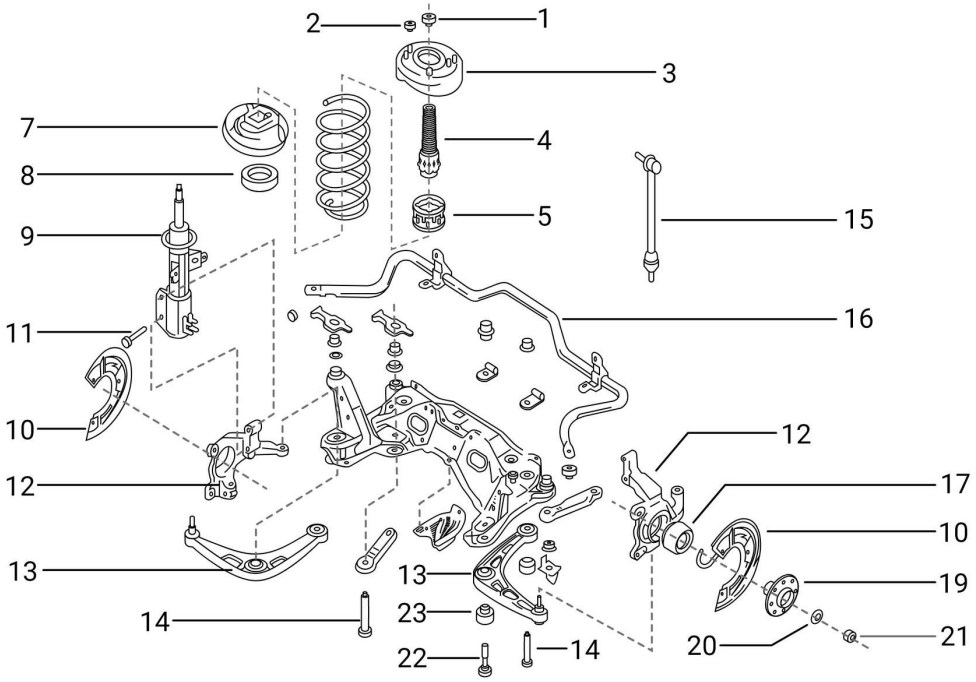
Zawieszenie

Obok ogumienia na bezpieczeństwo i komfort jazdy duży wpływ ma również stan techniczny zawieszenia pojazdu. Zadaniem zawieszenia jest:

- utrzymanie stałego styku opon z jezdnią,
- zachowanie minimalnych zmian siły nacisku opony na jezdnię,
- przeniesienie na konstrukcję nośną pojazdu sił powstających na styku opony z jezdnią,
- łagodzenie wstrząsów i kołysania nadwozia, które pojawiają się wskutek jazdy po nierównej nawierzchni,
- utrzymanie odpowiedniego kąta skrętu i nachylenia kół względem drogi podczas jazdy po łuku,
- przeciwdziałanie poprzecznym przechyłom nadwozia.

W ramach diagnostyki zawieszenia sprawdza się stan techniczny elementów zawieszenia, poprawność działania amortyzatorów oraz stan techniczny elementów sprężystych i wodzących.

Wstępna kontrola stanu technicznego zawieszenia obejmuje: sprawdzenie kompletności, prawidłowości montażu oraz stanu technicznego poszczególnych elementów zawieszenia. Rozwiązania w zakresie budowy zawieszenia i skomplikowania tego układu są odmienne dla różnych producentów, dlatego na tym etapie diagnostyki przydatna jest dokumentacja techniczna pojazdu, która zawiera podane przez producenta szczegóły dotyczące budowy. Typowe elementy zawieszenia prezentuje poniższy rysunek.



Rys. 12. Zawieszenie pojazdu i jego elementy: 1 - nakrętka tłoczyska amortyzatora, 2 - nakrętka górnego mocowania kolumny zawieszenia, 3 - górna miseczka sprężyny, 4 - osłona ochronna, 5 - zderzak, 6 - sprężyna zawieszenia, 7 - dolna miseczka sprężyny, 8 - kulkowe łożysko oporowe, 9 - amortyzator, 10 - osłona tarczy, 11 - śruba dolnego mocowania kolumny zawieszenia, 12 - zwrotnica, 13 - wahacz, 14 - śruba mocowana ramy szczątkowej, 15 - łącznik stabilizatora, 16 - stabilizator, 17 - łożysko piasty koła, 18 - pierścień osadczy, 19 - piasta koła, 20 - podkładka, 21 - nakrętka półosi, 22 - śruba mocowana wahacza do ramy szczątkowej, 23 - tuleja gumowo-metalowa
Źródło: Renault Laguna Modele 1994-1997, WKŁ, Warszawa 2007.

Amortyzatory

Amortyzatory pracują we wnękach kół. Tłoczysko amortyzatora jest uszczelnione, ponieważ amortyzator musi być wypełniony olejem, oraz zabezpieczone osłoną przed zewnętrznymi zanieczyszczeniami. Pierwszym elementem kontroli amortyzatora jest sprawdzenie stanu obudowy oraz kontrola ewentualnych wycieków oleju. Zmniejszenie ilości oleju w amortyzatorze spowodowane niekontrolowanym wyciekiem obniża zdolność amortyzatora do tłumienia drgań, a przez to pozwala na odrywanie się koła od nawierzchni. Taka sytuacja jest zagrożeniem dla stateczności ruchu, a więc dla bezpieczeństwa jazdy. Stwierdzenie wycieków z amortyzatora jest przesłanką do natychmiastowej wymiany tego podzespołu.

Objawy, które powinny skłonić właściciela pojazdu do sprawdzenia stanu amortyzatorów, to:

- wydłużenie się drogi hamowania na nierównej nawierzchni,
- stuki w zawieszeniu,
- trudności w utrzymaniu toru jazdy podczas skrętów,
- nadmierne kołysanie pojazdu,
- przechyły poprzeczne nadwozia, odczuwalne szczególnie podczas przyspieszania, hamowania lub skrętu.

Ocenę stanu amortyzatorów można przeprowadzić z wykorzystaniem metody drgań swobodnych lub drgań wymuszonych. Bez względu na wybór metody należy zadbać o uzyskanie porównywalnych wyników. W tym celu Instytut Transportu Drogowego zaleca, by przeprowadzić badanie w określonych warunkach:

- temperatura amortyzatora powinna mieścić się w przedziale $0–50\,^\circ\mathrm{C}$,
- w samochodzie przebywa wyłącznie kierowca,
- ciśnienie powietrza w ogumieniu jest zgodne ze wskazaniami producenta, z tolerancją do 5%,
- hamulce są zwolnione,
- dźwignia biegów jest w położeniu neutralnym,
- koła są ustawione prosto.

Metoda drgań swobodnych pozwala uzyskać wykres swobodnych drgań tłumionych nadwozia na osi czasu. Amplituda i liczba drgań pozwalają wyciągnąć wnioski o stanie technicznym amortyzatora. Z wykresu można określić średnie tłumienie drgań, które jest obliczane jako stosunek dwóch pierwszych wychyleń do linii zerowe. To działanie opisuje wzór:

$$R = \frac{Z_1}{Z_0}$$

gdzie:

- Z_1 – amplituda pierwszego wahnięcia nadwozia,
- Z_0 – amplituda wahnięcia początkowego.

Linię zerową wyznacza tutaj końcowy fragment wykresu, a wartości amplitud początkowych nie powinny się różnić o więcej niż 7%. Duży wpływ na wartość amplitudy drgań ma stopień napełnienia amortyzatora olejem. Napełnienie amortyzatora w mniej niż 80% jego pojemności zmniejsza zdolność do tłumienia drgań do tego stopnia, że nadwozie uderza o ograniczniki. Pogorszenie działania amortyzatora może też wynikać ze zużycia

talerzyka zaworu przelewowego lub dławiącego albo z uszkodzenia sprężyny zaworu zwrotnego.

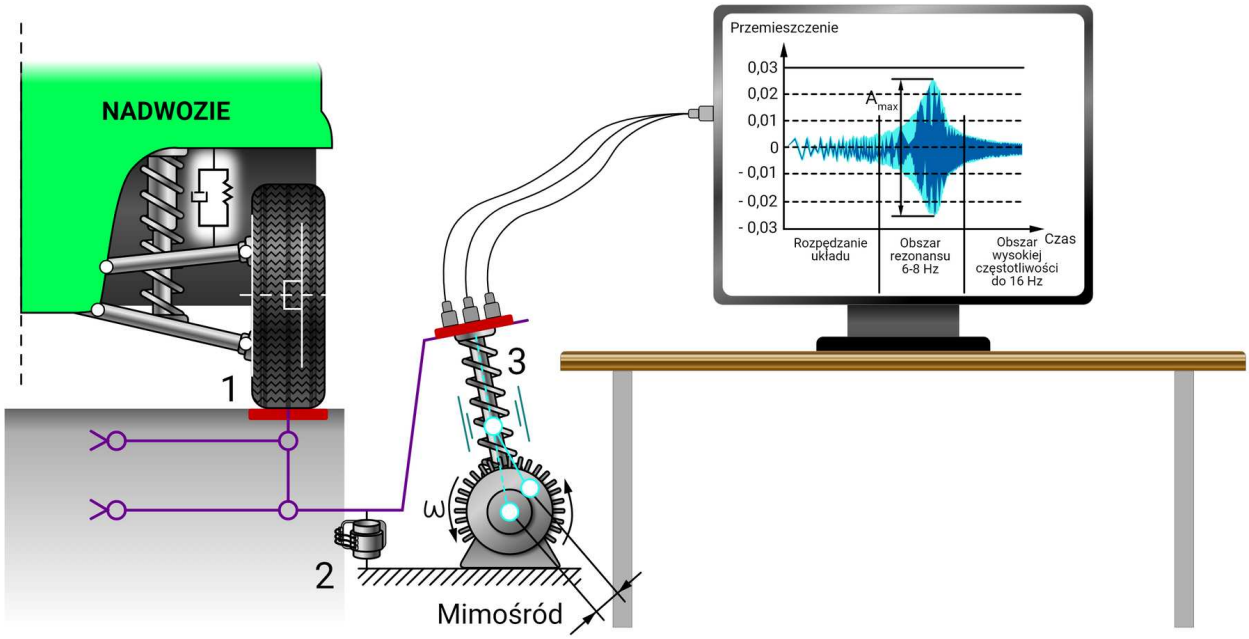
Przy ocenie amortyzatora metodą drgań wymuszonych wybór sposobu diagnostyki bezpośrednio zależy od budowy urządzenia kontrolnego. Najczęściej spotykane są urządzenia, wykorzystujące metodę BOGE lub EUSAMA.

Nazwa metody BOGE wywodzi się od nazwy producenta urządzenia. Koło jest w tym przypadku wystawiane na pionowe drgania o wartości kilku milimetrów, wymuszane przez płytę najazdową zamocowaną na specjalnym układzie wahaczowym. Układ zapewnia właściwe prowadzenie płyty, która równolegle przylega do czoła bieżnika. Płyta jest napędzana silnikiem elektrycznym zamontowanym na jego wale mimośrodem i masą bezwładną. Układ wahaczowy wraz z płytą wymuszającą są wprawiane w ruch mimośrodem za pośrednictwem sprężyny. Masa bezwładna pozwala natomiast powoli wytracać prędkość obrotową wału silnika i rejestrować przemieszczenia płyty wymuszającej w czasie. Aby zbadać amortyzatory metodą BOGE, należy napompować opony do ciśnienia nominalnego, a następnie najechać kołem na płytę wymuszającą. Podłużna oś pojazdu powinna pokrywać się z osią stanowiska, a koła powinny znajdować się w zagłębieniach płyty wymuszającej. Wtedy należy włączyć układ pomiarowy i nałożyć tarcze papierowe na układ rejestrujący. W tym momencie można wykonać kompensację obciążenia osi, regulując napięcie sprężyny tak, by rysik rejestratora znajdował się pośrodku. W kolejnym kroku należy uruchomić silnik napędzający układ pod jednym z kół. Amplituda drgań powinna być rejestrowana przez około 10 sekund, a układ powinien osiągać drgania o częstotliwości 16 Hz. Po wyłączeniu silnika częstotliwość spada i przechodzi do zakresu rezonansu zawieszenia, czyli między 6 a 8 Hz. Ten proces trwa do czasu całkowitego ustania drgań układu. Wówczas należy włączyć pomiar i odczytać maksymalną amplitudę przemieszczeń płyty. Ta wartość odpowiada przemieszczeniom koła i stanowi podstawę do diagnozy. Należy porównać ją z wartościami granicznymi, jakie wskazuje producent pojazdu lub urządzenia diagnostycznego, przyjmując poniższe kryteria oceny (A_{max} – amplituda drgań, A_{gr} – wartości graniczne amplitud):

- $A_{max} \leq A_{gr}$ – amortyzator sprawny,
- $A_{max} > A_{gr}$ – amortyzator niesprawny,
- różnica A_{max} dla kół zamontowanych na tej samej osi wynosi ponad 20% – amortyzator niesprawny.

W przypadku amortyzatorów niezdatnych do użytkowania zaleca się wymianę obydwu na tej samej osi pojazdu.

Schemat budowy urządzenia pomiarowego do diagnostyki amortyzatorów metodą BOGE przedstawia poniższy rysunek.



Rys. 13. Stanowisko do diagnostyki amortyzatorów metodą BOGE - schemat
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

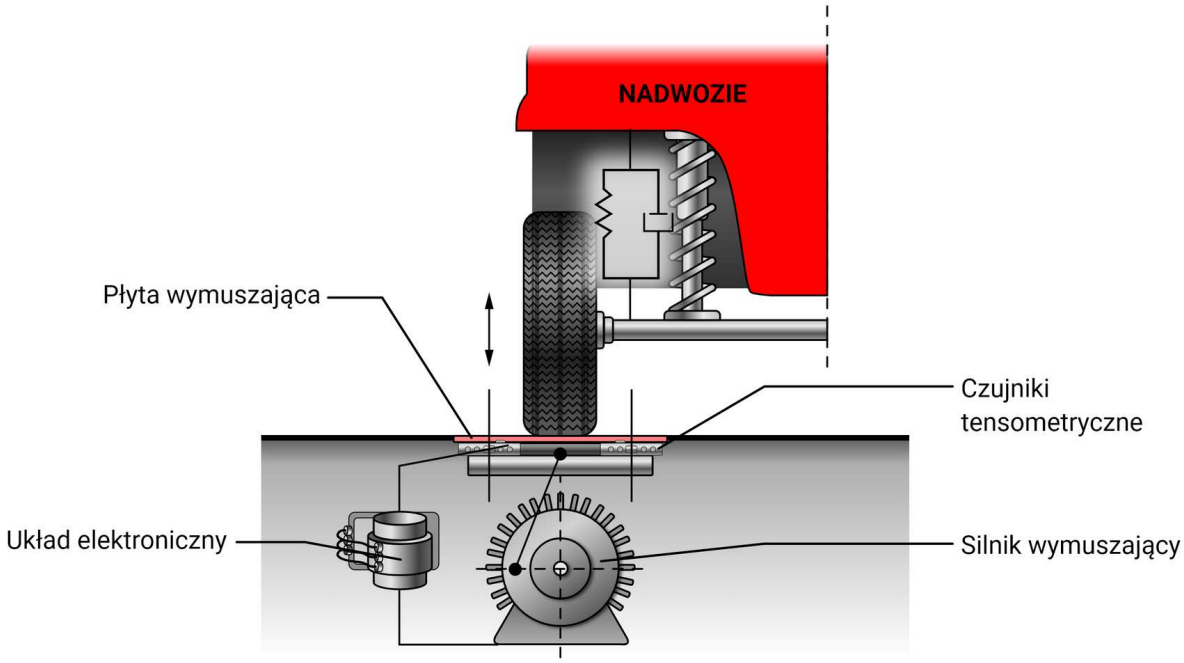
Kolejna ilustracja pokazuje sposób kompensowania masy pojazdu na stanowisku diagnostycznym.



Rys. 14. Stanowisko do diagnostyki amortyzatorów metodą BOGE - sposób kompensowania masy pojazdu
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Nazwa metody EUSAMA wiąże się z Europejskim Stowarzyszeniem Producentów Amortyzatorów (European Shock Absorber Manufacturers Association). W tym przypadku sprawność amortyzatorów sprawdza się, pobudzając koło jezdne do drgań pionowych o stałej amplitudzie 2–8 mm i częstotliwości zmiennej, zaczynającej się od wartości początkowej na poziomie około 25 Hz i dążącej do zera. Jest to częstotliwość wyższa od

rezonansowej dla badanego układu. Schemat działania stanowiska diagnostycznego badającego amortyzatory metodą EUSAMA przedstawia kolejny rysunek.



Rys. 15. Stanowisko do badania stanu amortyzatorów metodą EUSAMA - schemat
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Na początek należy rozpędzić układ wymuszający drgania i wyłączyć silnik napędowy. Drgania mają stałą częstotliwość początkową. Po wyłączeniu silnika płyta nadal wykazuje drgania o takiej samej amplitudzie, a częstotliwość zmniejsza się tym wolniej, im większy jest moment bezwładności mas wirujących i mas wykonujących ruch postępowy. Czujnik układu mierzy siłę nacisku koła jezdnego na płytę najazdową.

Diagnostyka przebiega w następujących etapach:

- mierzenie statycznej siły nacisku na płytę najazdową Nstat,
- wywołanie w układzie drgań o częstotliwości większej od najwyższej częstotliwości rezonansowej (25 Hz),
- odłączenie napędu,
- mierzenie minimalnej siły nacisku dynamicznego koła na płytę Nmin podczas zanikających drgań.

Te zmierzone wartości pozwalają określić skuteczność amortyzatora do tłumienia drgań, czyli tzw. wskaźnik EUSAMA W_{E}. Jest to stosunek najmniejszego nacisku dynamicznego N_{min} koła na płytę najazdową, zmierzonego w zakresie drgań rezonansowych do nacisku statycznego N_{stat} i określa się go w procentach. Tę zależność można wyrazić wzorem:

$$W_E = 100 \left(\frac{N_{min}}{N_{stat}} \right).$$

W ten sposób wg metody EUSAMA można określić współczynnik skuteczności amortyzatora do tłumienia drgań. Wartości tego wskaźnika i ich interpretację zebrano w poniższej tabeli.

Tabela 4. Metoda EUSAMA – kryteria oceny skuteczności tłumienia amortyzatora

Ocena stanu amortyzatora	Wartość $W_E(*)$
Bardzo dobry	$W_E > 60\%$
Dobry	$41\% < W_E \leq 60\%$
Wymaga sprawdzenia w stanie wymontowanym	$21\% \leq W_E \leq 40\%$
Wycofać z eksploatacji	$W_E \leq 20\%$

(*) Dla samochodu o masie własnej od 900 do 1500 kg.

Na minimalną dopuszczalną wartość współczynnika EUSAMA ma również wpływ masa własna pojazdu. Tę zależność prezentuje kolejna tabela.

Tabela 5. Minimalna dopuszczalna wartość współczynnika EUSAMA a masa własna pojazdu

Masa własna	Minimalna dopuszczalna wartość W_E
do 900 kg	15%
900 do 1500 kg	20%
ponad 1500 kg	25%

W praktyce dąży się do tego, by na jednej osi nie współpracowały amortyzatory o bardzo różnych współczynnikach. Jeśli mniejsza wartość W_{E}:

- jest poniżej 35%, dopuszczalna jest różnica wskaźnika W_{E} do 30%,
- jest powyżej 35%, za dopuszczalną uznaje się różnicę wskaźnika W_E do 15%.

Za 100% przyjmuje się większą wartość.

Kontrola stanu technicznego elementów sprężystych zawieszenia pojazdu

Do elementów sprężystych zawieszenia zalicza się:

- w samochodach osobowych drążki skrętne i drążki stabilizatora oraz sprężyny śrubowe,
- w pojazdach ciężarowych i autobusach miechy pneumatyczne i resory piórowe.

W ich diagnostyce stosuje się metody wykorzystujące metody organoleptyczne. Przy ocenie drążków skrętnych i sprężyn śrubowych zwraca się uwagę na to, czy zwoje są całe, elementy mocowania nie są zbyt skorodowane i czy sprężyny mają odpowiednią sztywność.

Badając drążki skrętne, ocenia się również ich powierzchnię i piasty (luzy w piastach nie są dopuszczalne). Należy również sprawdzić odkształcenia plastyczne, które da się wychwycić na podstawie znaków kontrolnych po ich obciążeniu. Podczas kontroli drążków stabilizatora ocenia się występowanie uszkodzeń mechanicznych i elementów mocowania. Niesprawność drążków stabilizatora objawia się pojawieniem się stuków podczas przejeżdżania po nierównościach. Najczęściej powodem są luzy w przegubach łącznika stabilizatora lub w elementach mocowania drążków do nadwozia.

Aby wykryć nieprawidłowości resorów piórowych, należy poszukać pęknięć na powierzchniach bocznych. Ważne są również ślady zużycia ściernego większe niż $0,5\ \mathrm{mm}$ na styku mniejszych piór. Takie uszkodzenia wiążą się z koniecznością wymiany resorów. Kontroli należy poddać również stan mocowania piór resorów do mostu napędowego i do ramy lub nadwozia. By wykryć luzy w tych połączeniach, należy posłużyć się dźwignią, dzięki czemu można zobaczyć ruchy sworznia w odniesieniu do tulei. Luzy i uszkodzenia również kwalifikują resory do wymiany.

Główne uszkodzenia miechów pneumatycznych dotyczą:

- rozciągnięcia miecha,
- oddzielenie miecha od płyty górnej lub tłoka – wymaga to także sprawdzenia połączeń amortyzatora,
- pęknięcia na zewnętrznej powierzchni gumowej części,
- uszkodzenia od smaru z wałów lub oleju powstające wskutek nieszczelności tylnych mostów,
- skorodowanie elementów metalowych, które może stać się przyczyną nieszczelności układu,
- uszkodzenia powstałe wskutek otarć elementów uszkodzonego zawieszenia lub ściernego oddziaływania zanieczyszczeń z dróg.

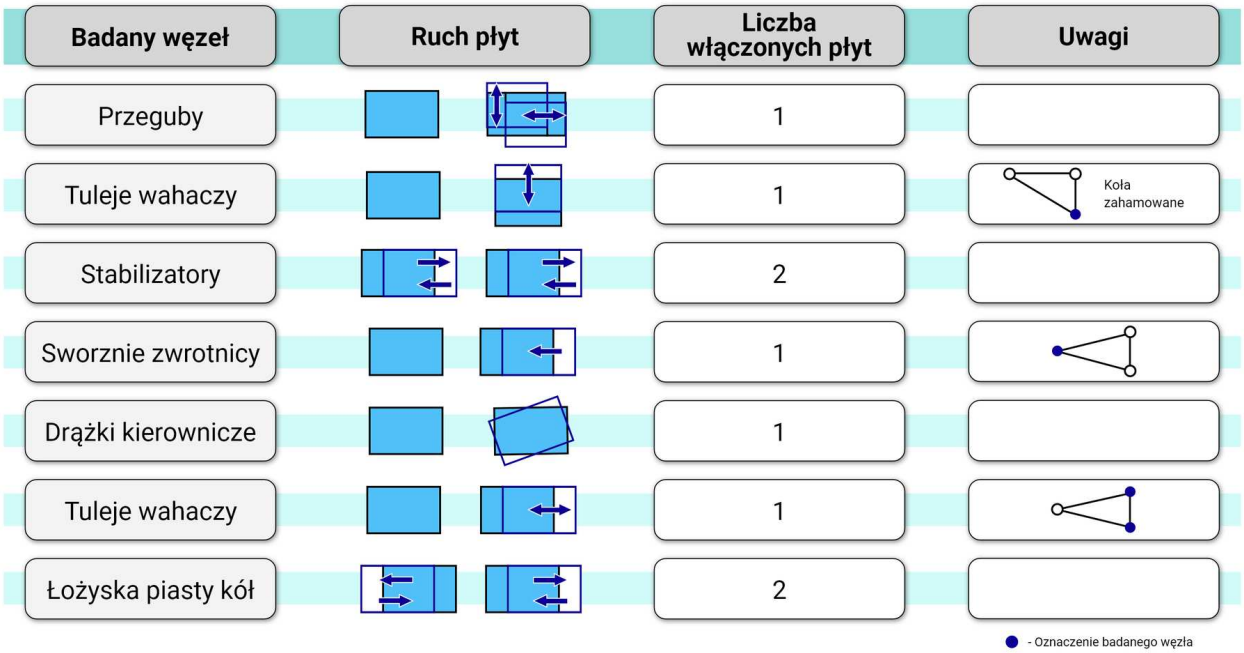
Diagnostyka elementów wodzących

Kontrola wahaczy sprowadza się do wykrycia ich uszkodzeń mechanicznych, skrzywień i pęknięć lub nadmiernych luzów między sworzniami a ramionami wahaczy. W tym przypadku również wykorzystuje się dźwignię wkładaną między ramię wahacza a sworzeń w celu wykrycia nadmiernych luzów.

Podczas diagnostyki drążka reakcyjnego ocenia się stan jego mocowania do nadwozia i elementów zawieszenia lub mostu napędowego. Za niedopuszczalne uznaje się uszkodzenia tulei, niedokręcone nakrętki lub brak zabezpieczenia ich przed odkręcaniem oraz występowanie luzów.

Zawieszenie

Diagnozę kompletnego zawieszenia przeprowadza się najczęściej z wykorzystaniem szarpaka lub ręcznie. Szarpak jest najczęściej montowany w posadzce na obrzeżach kanału przeglądowego lub w podnośniku. Daje on możliwość wymuszania szarpnięć kołami pojazdu. Płyty szarpaka poruszają się na siłownikach pneumatycznych lub hydraulicznych. Kiedy koła znajdą się na płytach, mogą wykonywać ruchy w różnych kierunkach, łącznie z obrotami. W ten sposób wymuszają one jednoczesny ruch kół i wszystkich elementów, które są z nimi powiązane. Dla wykrycia luzów w konkretnych węzłach układów mechanicznych stosuje się różne ruchy szarpiące. Sposoby wymuszania szarpnięć i związane z nimi usterki prezentuje poniższa tabela.



Rys. 16. Różne sposoby wymuszania szarpnięć a wykrywanie luzów w poszczególnych węzłach zawieszenia
Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wykrywanie luzów poprzez wzbudzenie odpowiedniego ruchu koła można również przeprowadzić ręcznie. Sposoby takiej diagnostyki pokazano w poniższej tabeli.

Tabela 7. Ręczne sprawdzanie luzu w zawieszeniu

Węzeł	Ułożenie rąk na kole (wg położenia wskazówek na tarczy zegara)	Sposób realizacji ruchów wymuszających	Uwagi
Sworzeń zwrotnicy	6 : 30	Ciągnięcie i wpychanie koła	Uniesiona cała oś
Łożysko koła	12 : 30	Naprzemienne ruchy w płaszczyźnie pionowej	Uniesione tylko badane koło

Węzeł	Ułożenie rąk na kole (wg położenia wskazówek na tarczy zegara)	Sposób realizacji ruchów wymuszających	Uwagi
Drążek kierowniczy	9 : 15	Naprzemienne wykonywanie skrętów kołem	Uniesione tylko badane koło

Powrót do spisu treści

Powiązane materiały multimedialne

- Kontrola stanu technicznego układu jezdnego - kierowniczego, podwozia, zawieszenia
- Badanie i kontrola stanu technicznego układu jezdnego, podwozia, zawieszenia

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

MOT.06. Organizacja i prowadzenie procesu obsługi pojazdów samochodowych – Technik pojazdów samochodowych 311513

Mechanizmy nośne i jezdne w pojazdach samochodowych kontrola i diagnozowanie

E-BOOK

Spis treści

- Wstęp
- Koła i ich znaczenie dla bezpieczeństwa i komfortu jazdy
- Zawieszenie
- Bibliografia

Bibliografia

- Kupiec J., Wróblewski P., „Diagnozowanie podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych", Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2015

Powrót do spisu treści

Powiązane materiały multimedialne

- Kontrola stanu technicznego układu jezdnego - kierowniczego, podwozia, zawieszenia
- Badanie i kontrola stanu technicznego układu jezdnego, podwozia, zawieszenia