

HAMULCE I ZAWIESZENIE

Materiał pogłębiający: fizyka hamowania, dobór klocków i tarcz, hamowanie regeneracyjne, kinematyka zawieszenia, amortyzatory i zawieszenie pneumatyczne, kalibracje po naprawach i karta kontroli.

- ❖ Fizyka hamowania i dobór części
- ❖ Kinematyka zawieszenia
- ❖ Stanowisko rolkowe i hałasy
- ❖ Amortyzatory i pneumatyka
- ❖ Hamulce w hybrydach i EV
- ❖ ABS, ESP, kalibracje, przypadki

4

ROZDZIAŁY

15

TEMATÓW

4

STUDIA PRZYPADKÓW

A4

DO DRUKU



❖	Dlaczego hamulce i zawieszenie trzeba rozpatrywać razem	3
1	Hamulce w praktyce	4
1.1	Fizyka hamowania i dobór klocków oraz tarcz	5
1.2	Ocena hamulców na stanowisku rolkowym	6
1.3	Hamulce w autach hybrydowych i elektrycznych	7
1.4	Hałasy hamulców i docieranie	8
2	Zawieszenie w praktyce	9
2.1	Kinematyka zawieszenia i parametry geometrii	10
2.2	Amortyzatory: rodzaje i badanie	11
2.3	Sprężyny i zawieszenie pneumatyczne	12
2.4	Tuleje, sworznie i łożyska: technologia wymiany	13
3	Kontrola i kalibracje	14
3.1	Procedura kontroli luzów na szarpaku	15
3.2	Kalibracje po naprawach hamulców i zawieszenia	16
3.3	Karta kontroli hamulców i zawieszenia	17
4	Diagnostyka i przypadki	18
4.1	Diagnostyka ABS i ESP w praktyce	19
4.2	Hamulec postojowy mechaniczny i elektryczny	20
4.3	Koła i opony a prowadzenie auta	21
4.4	Przypadki z warsztatu	22



WPROWADZENIE

Dlaczego hamulce i zawieszenie trzeba rozpatrywać razem

Hamulce zamieniają energię ruchu w ciepło, ale to opony i zawieszenie przenoszą siłę hamowania na drogę. Zużyty amortyzator czy luźna tuleja wahacza wydłużają drogę hamowania tak samo jak zużyte klocki.

Usterka zawieszenia	Wpływ na hamowanie
Zużyte amortyzatory	Koła podskakują, tracą kontakt z drogą; ABS działa częściej, droga hamowania rośnie
Zużyte tuleje wahaczy	Ściąganie przy hamowaniu, drgania, zmiana geometrii pod obciążeniem
Luz łożyska koła	Bicie tarczy, drgania, błędy czujnika ABS
Nieprawidłowa geometria	Niestabilność przy hamowaniu, nierówne zużycie opon
Różne opony na osi	Różna przyczepność stron, ściąganie i interwencje ESP

⚠ **Bezpieczeństwo**

Usterki hamulców, układu kierowniczego i elementów prowadzących koło bezpośrednio zagrażają bezpieczeństwu. Po każdej naprawie wykonaj kontrolę działania i jazdę próbną, a auto z usterką oznaczoną jako pilna nie powinno wyjechać z warsztatu bez naprawy.

ROZDZIAŁ 1



Hamulce w **praktyce**

*Fizyka hamowania i dobór części, ocena na stanowisku rolkowym,
hamulce w autach hybrydowych i elektrycznych oraz hałasy i
docieranie.*

Tematy w rozdziale

1.1	Fizyka hamowania i dobór klocków oraz tarcz	str. 5
1.2	Ocena hamulców na stanowisku rolkowym	str. 6
1.3	Hamulce w autach hybrydowych i elektrycznych	str. 7
1.4	Hałasy hamulców i docieranie	str. 8

1.1

TEMAT

Fizyka hamowania i dobór klocków oraz tarcz

Energia ruchu rośnie z kwadratem prędkości. Hamowanie ze 100 km/h wymaga odprowadzenia czterokrotnie więcej ciepła niż z 50 km/h, dlatego zdolność oddawania ciepła jest równie ważna jak samo tarcie.

❖ **Przegrzanie i zanik skuteczności (fading)**

Przy długich zjazdach lub serii intensywnych hamowań temperatura tarcz i klocków gwałtownie rośnie. Okładzina traci współczynnik tarcia, a płyn hamulcowy z dużą zawartością wody może się zagotować w zaciskach. Kierowca czuje twardy pedał i słabsze hamowanie (przegrzanie okładzin) albo miękkie, zapadający się pedał (pęcherze pary w płynie). Sinienie tarcz, spękania i nierówna grubość to ślady przegrzania.

❖ **Rodzaje okładzin klocków**

Rodzaj	Cechy	Zastosowanie
Organiczne (NAO)	Ciche, mało pyłu, mniejsza odporność na wysoką temperaturę	Lżejsze auta, jazda miejska
Niskometaliczne (low metallic)	Dobra skuteczność i odporność na temperaturę, więcej pyłu	Najczęstsze w Europie
Półmetaliczne	Wysoka odporność na temperaturę, większe zużycie tarcz, głośniejsze	Auta cięższe, holowanie
Ceramiczne	Mało pyłu, ciche, stabilne w szerokim zakresie temperatur, droższe	Auta wyższej klasy, osoby dbające o czyste felgi

❖ **Rodzaje tarcz**

Tarcza	Cechy	Uwagi serwisowe
Pełna	Prosta i tania, słabsze chłodzenie	Tył lub lekkie auta
Wentylowana	Kanały między powierzchniami, dobre chłodzenie	Standard na przedniej osi
Nacinana lub nawiercana	Lepsze odprowadzanie gazów i wody, szybsze zużycie klocków	Montaż zgodnie z kierunkiem obrotu
Powlekana (antykorozyjnie)	Powłoka chroni powierzchnie niepracujące przed rdzą	Nie usuwaj powłoki z kołnierza i kanałów
Kompozytowa lub dwuczęściowa	Lżejsza, aluminiowa piasta, żeliwny pierścień	Specjalne śruby i momenty producenta

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Dobieraj klocki do sposobu użytkowania auta, ale zawsze w granicach homologacji i zaleceń producenta. Klient, który holuje przyczepę lub jeździ w górach, skorzysta na okładzinach odpornych na wysoką temperaturę.

1.2

TEMAT

Ocena hamulców na stanowisku rolkowym

Stanowisko rolkowe mierzy siły hamowania każdego koła. Wynik pozwala wykryć zapieczony zacisk, owalną tarczę czy słaby hamulec postojowy, zanim zauważy to kierowca.

Parametr pomiaru	Co pokazuje	Typowe przyczyny złego wyniku
Siła hamowania koła	Skuteczność hamulca danego koła	Zużyte lub zeszlone okładziny, zaolejenie, zapieczony tłoczek
Różnica sił na osi	Równomierność hamowania stron	Zacisk, przewód elastyczny, różne klocki, różne opony
Owalizacja (wahania siły w czasie obrotu)	Bicie lub nierówna grubość tarczy, owalny bęben	Tarcza z biciem, rdza na piaście, owalny bęben
Opory toczenia bez hamowania	Czy hamulec odpuszcza	Zapiezione prowadnice, tłoczek, linka hamulca postojowego
Skuteczność hamulca postojowego	Siła hamowania układu postojowego	Zużyte szczęki lub klocki, linki, regulacja, EPB

Na stacjach kontroli w Polsce różnica sił hamowania na osi przy badaniu technicznym zwykle nie może przekraczać około 30 procent. Szczegółowe wymagania określają przepisy i aktualne warunki badania; warsztat może ustalać własne, ostrzejsze kryteria jakości.

❖ **Pomiar na rolkach**

- 1 Sprawdź ciśnienie w oponach i stan bieżnika na badanej osi.
- 2 Wjedź prosto na rolki, z neutralnym biegiem; w autach z napędem 4x4 sprawdź, czy stanowisko i auto na to pozwalają.
- 3 Zmierz opory toczenia bez hamowania.
- 4 Naciskaj pedał płynnie do zablokowania kół lub wyłączenia rolek, obserwując wykres sił.
- 5 Powtórz pomiar dla drugiej osi i dla hamulca postojowego.
- 6 Porównaj siły stron, owalizację i opory; zapisz wydruk w karcie zlecenia.

⚠ **Bezpieczeństwo**

Auta z napędem na wszystkie koła i część aut z elektrycznym hamulcem postojowym wymagają specjalnego trybu badania na rolkach. Postępuj według instrukcji producenta auta i stanowiska, aby nie uszkodzić napędu.

1.3

TEMAT

Hamulce w autach hybrydowych i elektrycznych

W hybrydach i autach elektrycznych dużą część hamowania wykonuje silnik elektryczny, odzyskując energię. Hamulce cierne pracują rzadziej, co zmienia sposób ich zużycia i diagnostyki.

Cecha	Skutek dla warsztatu
Hamowanie regeneracyjne	Klocki zużywają się wolno, ale tarcze korodują od rzadkiego używania
Układ hamulcowy sterowany elektronicznie (brake by wire)	Pompa może wytwarzać ciśnienie samoczynnie, np. po otwarciu drzwi
Akumulator ciśnienia w module hamulcowym	Odpowietrzanie i prace wymagają procedury serwisowej testerem
Elektryczny hamulec postojowy	Tryb serwisowy przy tylnych klockach jest obowiązkowy
Wysokie napięcie w pobliżu	Prace przy przewodach pomarańczowych tylko z uprawnieniami

❖ **Serwis hamulców w hybrydzie**

- 1 Sprawdź w dokumentacji, czy auto wymaga przełączenia modułu hamulcowego w tryb serwisowy.
- 2 Wyłącz system gotowości do jazdy (READY) i zabezpiecz kluczyk z dala od auta.
- 3 Włącz tryb serwisowy testerem, jeśli wymaga tego producent, zanim otworzysz układ hydrauliczny.
- 4 Wykonaj wymianę klocków, tarcz lub płynu według procedury.
- 5 Wyłącz tryb serwisowy, wykonaj kalibrację i sprawdź kody w module hamulcowym.
- 6 Na jeździe próbnej sprawdź płynne przejście między hamowaniem regeneracyjnym a ciernym.

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Przy przeglądzie auta elektrycznego zwróć uwagę na stan powierzchni tarcz, szczególnie tylnych. Korozja powierzchni roboczej daje hałas i słabsze hamowanie przy rzadkim użyciu hamulców. Klientowi zaleca się okresowe mocniejsze hamowanie w bezpiecznych warunkach, jeśli producent nie przewiduje automatycznego czyszczenia tarcz.

⚠ **Bezpieczeństwo**

W autach z hamulcem sterowanym elektronicznie układ może samoczynnie wytworzyć wysokie ciśnienie po otwarciu drzwi lub włączeniu zapłonu. Praca przy zacisku bez trybu serwisowego grozi zgnieceniem palców.

1.4

TEMAT

Hałasy hamulców i docieranie

Najwięcej reklamacji po wymianie hamulców dotyczy hałasu. Większość z nich da się uniknąć starannym przygotowaniem i właściwym docieraniem.

Hałas	Przyczyna	Rozwiązanie
Wysoki pisk przy lekkim hamowaniu	Drgania klocka w jarzmie, brak smarowania tylnej płytki	Smar ceramiczny na tylnej płytce i uchach, nowe blaszki, podkładki tłumiące
Pisk przy jeździe bez hamowania	Wskaźnik zużycia, osłona tarczy ocierająca	Wymiana klocków, odgięcie osłony
Skrzypienie przy ruszaniu	Klocki przesuwające się w jarzmie, zapieczone prowadnice	Czyszczenie gniazd, smarowanie prowadnic
Zgrzyt metaliczny	Klocki zużyte do blachy, kamień między klockiem a tarczą	Natychmiastowa kontrola i wymiana
Stuk przy zmianie kierunku jazdy	Luz klocka w jarzmie, luźne śruby	Blaszki sprężynujące, kontrola momentów
Buczenie przy hamowaniu	Głazura okładzin, nierówna powierzchnia tarczy	Docieranie, wymiana tarcz i klocków

❖ Docieranie nowych klocków i tarcz

- Po montażu wciśnij kilka razy pedał hamulca, aż będzie twardy.
- Wykonaj kilka łagodnych hamowań przy niskiej prędkości, aby sprawdzić działanie.
- Na bezpiecznym odcinku wykonaj 8 do 10 umiarkowanych hamowań z około 60 do około 20 km/h, bez zatrzymywania się.
- Przejedź kilka kilometrów bez hamowania, aby hamulce ostygły.
- Unikaj zatrzymania z mocno rozgrzаныmi hamulcami i trzymania pedału, aby nie odcisnąć okładziny na tarczy.
- Poinformuj klienta, że pełną skuteczność hamulce osiągają po kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów jazdy.

❖ Wskazówka z warsztatu

Nie stosuj smaru miedzianego na prowadnice zacisków z gumowymi osłonami. Gumy pęcznieją od niewłaściwych smarów; do prowadnic używaj smaru przeznaczonego do tego celu.

ROZDZIAŁ 2



Zawieszenie w **praktyce**

Kinematyka i parametry geometrii, rodzaje amortyzatorów i ich badanie, sprężyny i zawieszenie pneumatyczne oraz technologia wymiany tulei i łożysk.

Tematy w rozdziale

2.1	Kinematyka zawieszenia i parametry geometrii	str. 10
2.2	Amortyzatory: rodzaje i badanie	str. 11
2.3	Sprężyny i zawieszenie pneumatyczne	str. 12
2.4	Tuleje, sworznie i łożyska: technologia wymiany	str. 13

2.1

TEMAT

Kinematyka zawieszenia i parametry geometrii

Zawieszenie nie tylko amortyzuje nierówności, ale prowadzi koło po ściśle określonym torze. Zmiana tego toru przez zużyte elementy lub obniżenie auta zmienia zachowanie podczas hamowania i w zakrętach.

Parametr	Definicja	Wpływ na jazdę
Promień zataczania (scrub radius)	Odległość między osią skrętu a środkiem styku opony z drogą	Wpływa na siły na kierownicy przy hamowaniu i nierównym podłożu; zmienia się przy innych felgach i dystansach
Kąt wyprzedzenia (caster)	Pochylenie osi skrętu wzdłuż auta	Stabilność na prostej, powrót kierownicy
Kąt pochylenia sworznia (KPI)	Pochylenie osi skrętu w poprzek auta	Powrót kierownicy, kontrola wygięć elementów
Zbieżność i jej zmiana przy ugięciu (bump steer)	Zmiana ustawienia koła przy pracy zawieszenia	Niestabilność na nierównościach, często po obniżeniu auta
Kąt Ackermanna	Różnica kątów skrętu koła wewnętrznego i zewnętrznego	Zużycie opon w zakrętach, opory przy manewrach
Przechył nadwozia	Pochylenie auta w zakręcie	Zależy od sprężyn, stabilizatorów i amortyzatorów

❖ **Najczęstsze przyczyny zmian geometrii**

- ▶ Uderzenie kołem w krawężnik lub głęboką dziurę: wygięty wahacz, zwrotnica, drążek, belka.
- ▶ Zużyte tuleje i sworznie: geometria zmienia się pod obciążeniem, choć na stanowisku bywa w normie.
- ▶ Osiadające lub pęknięte sprężyny: zmiana wysokości zawieszenia i kątów.
- ▶ Obniżenie lub podwyższenie auta bez korekt: zmiana pochylenia, zbieżności i bump steer.
- ▶ Felgi z innym odsadzeniem (ET) lub dystanse: zmiana promienia zataczania.

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Przed pomiarem geometrii zmierz wysokość zawieszenia w punktach wskazanych przez producenta. Auto osiadłe na zmęczonych sprężynach może mieć kąty poza zakresem mimo sprawnych elementów prowadzących; regulacja nie usunie wtedy problemu.

2.2

TEMAT

Amortyzatory: rodzaje i badanie

Amortyzator zamienia energię drgań sprężyny w ciepło. Zużycie postępuje stopniowo, więc kierowca często go nie zauważa, choć auto hamuje gorzej i słabiej trzyma się drogi.

Rodzaj	Budowa	Cechy
Dwururowy olejowy	Rura robocza i zbiornikowa, olej	Tani, komfortowy, możliwe pienienie przy dużym obciążeniu
Dwururowy gazowy	Jak wyżej, z gazem pod niskim ciśnieniem	Mniejsze pienienie, najczęstszy w autach osobowych
Jednorurowy gazowy	Jedna rura, tłok rozdzielający olej i gaz pod wysokim ciśnieniem	Lepsze chłodzenie, sportowy charakter
Regulowany elektronicznie (adaptacyjny)	Zawory sterowane przez sterownik zawieszenia	Diagnostyka testerem, kody, kalibracje
Z zawieszeniem pneumatycznym	Miech powietrzny zintegrowany z amortyzatorem	Kontrola szczelności miecha i układu

❖ **Badanie na płycie drgającej (metoda EUSAMA)**

Wynik przyczepności	Ocena orientacyjna
powyżej około 60 procent	Bardzo dobra
około 41 do 60 procent	Dobra
około 21 do 40 procent	Dostateczna, zalecana obserwacja lub wymiana
około 0 do 20 procent	Słaba, zalecana wymiana

Wynik w procentach opisuje przyczepność koła do płyty podczas wymuszonych drgań. Ważna jest także różnica między stronami osi: wyraźna różnica (zwykle kilkanaście procent i więcej) wskazuje na zużycie jednego amortyzatora lub inny problem po tej stronie, na przykład oponę lub tuleję. Wynik zależy od ciśnienia w oponach i masy auta, dlatego przed badaniem sprawdź ciśnienie.

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Amortyzator z wyciekami oleju na całej długości obudowy wymaga wymiany niezależnie od wyniku na płycie. Lekkie zapocenie przy uszczelniaczu bywa natomiast dopuszczalne; oceniaj stan razem z wynikiem badania.

2.3

TEMAT

Sprężyny i zawieszenie pneumatyczne

Sprężyny przenoszą masę auta, a w zawieszeniu pneumatycznym tę rolę pełnią miechy powietrzne, kompresor i system sterowania wysokością.

Usterka	Objaw	Diagnostyka
Pęknięta sprężyna	Stuk, przechył auta, uszkodzona opona przez ostry koniec sprężyny	Oględziny na podnośniku, porównanie wysokości stron
Osiadła sprężyna	Auto niższe po jednej stronie lub osi, zmiana geometrii	Pomiar wysokości zawieszenia w punktach producenta
Nieszczelny miech pneumatyczny	Auto opada po postoju, kompresor pracuje długo	Spryskanie miecha wodą z płynem, obserwacja pęcherzy
Zużyty kompresor	Długie podnoszenie, przegrzewanie, kody	Czas podnoszenia, kody, przełącznik i bezpiecznik
Zawory lub przewody powietrzne	Opadanie jednego narożnika	Test szczelności, oględziny złączy
Czujnik wysokości	Nieprawidłowy poziom auta, kody	Dane bieżące wysokości, ciągnie czujnika

❖ **Zasady pracy przy zawieszeniu pneumatycznym**

- ▶ Przed podniesieniem auta włącz tryb serwisowy lub podnośnikowy, aby system nie próbował korygować wysokości.
- ▶ Nie odkręcaj przewodów pod ciśnieniem; miech może gwałtownie wypuścić powietrze.
- ▶ Po wymianie elementów wykonaj kalibrację poziomu testerem.
- ▶ Nieszczelny miech wymieniaj szybko: długa praca kompresora prowadzi do jego uszkodzenia.

⚠ **Bezpieczeństwo**

Sprężyny wymieniamy parami na osi. Przy demontażu sprężyn w kolumnach używaj wyłącznie atestowanego ściskacza i nie stawaj na linii osi ściśniętej sprężyny.

2.4

TEMAT

Tuleje, sworznie i łożyska: technologia wymiany

Wymiana samej tulei lub sworznia jest tańsza niż całego wahacza, ale wymaga właściwych narzędzi, orientacji montażu i dokręcenia w pozycji jazdy.

Element	Zasady wymiany	Typowe błędy
Tuleja metalowo-gumowa	Wciskanie prasą lub ściągaczem, orientacja według znaczników	Montaż obrócony o kąt, dokręcenie na wiszącym kole
Tuleja hydrauliczna	Ściśle określona orientacja komór z płynem	Odwrotny montaż: drgania i szybkie zużycie
Sworznień wciskany	Wciskanie prasą, nowy pierścień zabezpieczający	Uszkodzenie gniazda w wahaczu
Sworznień przykręcany	Nowe śruby lub nity zastąpione śrubami z zestawu	Brak właściwego momentu
Łożysko koła wciskane (generacja 1)	Prasa, właściwe tuleje na właściwy pierścień	Wciskanie przez kulki: uszkodzenie od razu
Łożysko w piaście (generacja 2 i 3)	Wymiana z piastą, momenty producenta	Uszkodzenie pierścienia magnetycznego ABS

❖ **Wymiana tulei wahacza**

1	Oznacz położenie tulei w wahaczu przed wyciśnięciem starej.
2	Oczyść gniazdo i sprawdź, czy nie jest owalne ani pęknięte.
3	Wciśnij nową tuleję właściwym narzędziem, naciskając na zewnętrzną tuleję metalową.
4	Ustaw tuleję według znaczników lub wcześniejszego oznaczenia.
5	Zamontuj wahacz, wkręć śruby bez dokręcania ostatecznego.
6	Ustaw zawieszenie w pozycji jazdy i dokręć śruby momentem producenta.
7	Wykonaj pomiar geometrii.

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Przy łożyskach z pierścieniem magnetycznym czujnika ABS zwróć uwagę na stronę montażu. Pierścień zwykle jest oznaczony kolorem lub ma brązowy pasek; montaż odwrotny daje kod czujnika prędkości koła.

ROZDZIAŁ 3



Kontrola i kalibracje

Procedura kontroli luzów, kalibracje wymagane po naprawach hamulców i zawieszenia oraz karta kontroli do druku.

Tematy w rozdziale

3.1	Procedura kontroli luzów na szarpaku	str. 15
3.2	Kalibracje po naprawach hamulców i zawieszenia	str. 16
3.3	Karta kontroli hamulców i zawieszenia	str. 17

3.1

TEMAT

Procedura kontroli luzów na szarpaku

Szarpak (płyty do wykrywania luzów) pozwala wymusić ruch kół pod obciążeniem auta i dokładnie obejrzeć każdy przegub. To najpewniejsza metoda kontroli zawieszenia i układu kierowniczego.

❖ **Kontrola krok po kroku**

1	Ustaw koła osi przedniej na płytach, auto na kołach, kierownica na wprost.
2	Pomocnik porusza płytami w kierunkach wzdłużnym i poprzecznym; obserwuj z lampą każdy przegub.
3	Sprawdź sworznie wahaczy: ruch między trzpieniem a obudową oznacza luz.
4	Sprawdź tuleje wahaczy: przesunięcie metalowej tulei względem gniazda lub pęknięcia gumy.
5	Sprawdź końcówki i drążki kierownicze, dotykając przegubów dłonią podczas ruchu płyt.
6	Sprawdź mocowanie przekładni kierowniczej i przegub kolumny (pomocnik porusza kierownicą).
7	Sprawdź łączniki stabilizatora, gumy stabilizatora i mocowania amortyzatorów.
8	Powtórz kontrolę dla osi tylnej: tuleje belki lub wahaczy, łożyska, amortyzatory.
9	Zapisz wyniki w karcie kontroli (temat 3.3) z oznaczeniem OK, D lub P.

Obserwacja	Ocena
Ruch elementów względem siebie w przegubie	Luz: element do wymiany
Odkształcenie gumy bez przesunięcia metalu	Zwykle prawidłowa praca tulei
Pęknięta osłona sworznia lub końcówki	Do zaplanowania, a przy luzie pilne
Stuk podczas ruchu płyt	Lokalizuj źródło dotykiem i stetoskopem

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Zawsze pokazuj klientowi luz na szarpaku lub nagraj go telefonem. Widoczny ruch przegubu jest najlepszym argumentem za naprawą elementu bezpieczeństwa.

3.2

TEMAT

Kalibracje po naprawach hamulców i zawieszenia

Nowoczesne auta korzystają z czujników, które po pracach w zawieszeniu lub układzie kierowniczym trzeba skalibrować. Pominięcie kalibracji daje kontrolki, błędne działanie systemów i reklamacje.

Kalibracja	Kiedy wymagana	Skutek pominięcia
Czujnik kąta skrętu	Po geometrii, wymianie elementów układu kierowniczego, odłączeniu akumulatora (w części aut)	Kontrolka ESP, błędne działanie stabilizacji
Skrajne położenia kierownicy (EPS)	Po wymianie przekładni lub modułu wspomagania	Nierówna siła wspomagania, kody EPS
Czujniki poziomu nadwozia (reflektory)	Po pracach w zawieszeniu, wymianie czujnika	Błędne ustawienie świateł ksenonowych i LED
Poziom zawieszenia pneumatycznego	Po wymianie miecha, czujnika, kompresora	Nieprawidłowa wysokość, kody
Kamera i radar systemów wspomagania (ADAS)	Po geometrii, wymianie szyby, naprawie zderzaka, zmianie wysokości	Błędne działanie asystenta pasa ruchu, hamowania awaryjnego
Elektryczny hamulec postojowy	Po wymianie tylnych klocków, tarcz, silnika EPB	Kody EPB, słabe trzymanie
Czujniki TPMS	Po wymianie opon, czujników, zmianie kół	Kontrolka ciśnienia w oponach

⚠ **Bezpieczeństwo**

Kalibracja systemów ADAS wymaga odpowiedniego stanowiska, tablic kalibracyjnych i danych producenta. Jeśli warsztat jej nie wykonuje, poinformuj klienta przed naprawą i skieruj auto do specjalistycznego serwisu. Niesprawny asystent hamowania awaryjnego to realne zagrożenie.

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Dodaj kalibracje do kosztorysu już przy przyjęciu auta. Klient lepiej przyjmuje koszt podany z góry niż dopisany po naprawie.

3.3

KARTA DO DRUKU

Karta kontroli hamulców i zawieszenia

Karta łączy pomiary hamulców, wynik badania amortyzatorów i kontrolę luzów. Oznaczenia: OK, D (do zaplanowania), P (pilne).

Data, pojazd, rejestracja, przebieg	
Ciśnienie w oponach przed pomiarem	

Pomiar	Lewa przód	Prawa przód	Lewa tył	Prawa tył
Grubość klocków (mm)				
Grubość tarczy (mm) / minimum				
Bicie tarczy (mm)				
Siła hamowania (rolki)				
Przyczepność amortyzatora (procent)				
Bieżnik opony (mm)				

Element	Przód	Tył	Uwagi
Sworznie			
Tuleje wahaczy lub belki			
Łączniki i gumy stabilizatora			
Końcówki i drążki			
Łożyska kół			
Sprężyny i mocowania			
Przewody hamulcowe			
Płyn hamulcowy (procent wody)			

Zalecenia i podpis	
--------------------	--

ROZDZIAŁ 4



Diagnostyka i przypadki

ABS i ESP w praktyce, hamulec postojowy mechaniczny i elektryczny, wpływ kół i opon na prowadzenie oraz studia przypadków z warsztatu.

Tematy w rozdziale

4.1	Diagnostyka ABS i ESP w praktyce	str. 19
4.2	Hamulec postojowy mechaniczny i elektryczny	str. 20
4.3	Koła i opony a prowadzenie auta	str. 21
4.4	Przypadki z warsztatu	str. 22

4.1

TEMAT

Diagnostyka ABS i ESP w praktyce

Systemy ABS i ESP korzystają z tych samych czujników, a ich usterki często mają przyczynę mechaniczną. Dobra diagnoza zaczyna się od danych bieżących wszystkich kół.

Sygnał lub element	Jak sprawdzić	Na co zwrócić uwagę
Prędkości kół	Dane bieżące podczas jazdy ze stałą prędkością	Wszystkie koła powinny pokazywać zbliżone wartości; skoki jednego koła wskazują na czujnik lub pierścień
Czujnik indukcyjny	Rezystancja i napięcie AC przy obracaniu koła	Wartości porównaj z drugą stroną
Czujnik aktywny	Zasilanie z modułu, sygnał w testerze lub oscyloskopem	Nie mierz rezystancji jak w czujniku indukcyjnym
Kąt skrętu	Dane bieżące przy kierownicy na wprost i w skrajnych położeniach	Wartość bliska 0° przy jeździe na wprost; kalibracja po geometrii
Czujnik odchylenia i przyspieszeń	Dane bieżące na postoju i w łuku	Na postoju wartości bliskie zeru
Czujnik ciśnienia w module	Wartość przy wciśniętym pedale	Wzrost proporcjonalny do nacisku
Pompa i zawory modułu	Test elementów testerem	Słyszalna praca pompy i zaworów

❖ Diagnostyka kontrolki ABS

1	Odczytaj kody z modułu ABS i ESP, zapisz bajty typu usterki, jeśli tester je pokazuje.
2	Sprawdź napięcie akumulatora i masy modułu.
3	Porównaj prędkości kół podczas jazdy próbnej.
4	Obejrzyj wiązkę czujnika na całej długości, szczególnie przy wahaczu i nadkolu.
5	Wyjmij czujnik, oczyść gniazdo z rdzy, sprawdź pierścień impulsowy lub magnetyczny.
6	Sprawdź luz łożyska koła.
7	Po naprawie skasuj kody, wykonaj kalibrację kąta skrętu, jeśli wymagana, i jazdę próbną.

❖ Wskazówka z warsztatu

Jeśli powietrze dostało się do modułu ABS (na przykład po wymianie modułu lub całkowitym opróżnieniu zbiorniczka), zwykle odpowietrzenie przy kołach może nie wystarczyć. Wiele aut wymaga procedury odpowietrzania z testerem, który otwiera zawory i uruchamia pompę modułu.

4.2

TEMAT

Hamulec postojowy mechaniczny i elektryczny

Hamulec postojowy musi utrzymać auto na wzniesieniu i działać jako hamulec awaryjny. Jego skuteczność sprawdza się zarówno ręcznie, jak i na stanowisku rolkowym.

Rozwiązanie	Typowe usterki	Serwis
Linki i szczęki w bębnie	Zapieczone linki, zużyte szczęki, rozregulowanie	Regulacja szczęk, potem linki; wymiana linek parami
Mechanizm w tylnym zacisku	Zapieczona dźwignia, zużyty mechanizm samoregulacji	Cofanie tłoczka przez wkręcanie, smarowanie dźwigni
Szczęki w bębnie wewnątrz tarczy (drum in disc)	Zużyte szczęki, korozja	Regulacja przez otwór w tarczy, wymiana szczęk
EPB z silnikami na zaciskach	Kody silnika, zużyte przekładnie, wilgoć w złączu	Tryb serwisowy, kalibracja, kontrola złącza
EPB z centralnym siłownikiem i linkami	Siłownik, linki, kalibracja	Procedura producenta, często regulacja linek

❖ **Regulacja hamulca mechanicznego**

1	Sprawdź skok dźwigni: hamulec powinien trzymać po kilku ząbkach, zwykle około 4 do 7, według producenta.
2	Wyreguluj najpierw szczęki lub mechanizm zacisku, dopiero potem napięcie linki.
3	Po regulacji koła muszą obracać się swobodnie przy zwolnionym hamulcu.
4	Sprawdź skuteczność na wzniesieniu lub na rolkach.
5	W EPB sprawdź kody, kalibrację i działanie funkcji automatycznego zwalniania przy ruszaniu.

⚠ **Bezpieczeństwo**

Przy pracy przy EPB nigdy nie odłączaj wtyczki silnika ani nie odkręcaj zacisku, gdy hamulec jest zaciągnięty. Zawsze otwórz tryb serwisowy, aby tłoczki cofnęły się do pozycji montażowej.

4.3

TEMAT

Koła i opony a prowadzenie auta

Wiele objawów przypisywanych zawieszeniu ma źródło w kołach i oponach: drgania, ściąganie, szумы. Zanim zaczniesz wymieniać części, wyklucz koła.

Problem koła lub opony	Objaw	Sprawdzenie
Niewyważenie statyczne lub dynamiczne	Drgania kierownicy w określonym zakresie prędkości	Wyważarka
Bicie promieniowe felgi lub opony	Drgania mimo wyważenia	Pomiar bicia na wyważarce, obrót opony na feldze
Przesunięte opasanie opony	Ściąganie auta, zmienia stronę po zamianie kół	Zamiana przednich kół stronami
Wybrzuszenie boku opony	Drgania, ryzyko rozerwania opony	Oględziny, natychmiastowa wymiana
Różne opony na osi	Ściąganie, interwencje ESP	Porównanie typu, rozmiaru, zużycia
Zła felga lub dystanse	Zmieniona geometria, drgania, przenoszenie sił na łożyska	Odsadzenie ET, otwór centralny, pierścienie centrujące
Uszkodzony czujnik TPMS	Kontrolka ciśnienia	Tester TPMS, bateria czujnika

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Felgi z innym otworem centralnym niż piasta wymagają pierścieni centrujących. Bez nich koło centruje się tylko na śrubach, co bywa przyczyną trudnych do usunięcia drgań.

4.4

STUDIA PRZYPADKÓW

Przypadki z warsztatu

Cztery przypadki pokazują, jak łączyć pomiary hamulców, zawieszenia i kół, aby znaleźć rzeczywistą przyczynę objawu.

❖ **Przypadek 1: ściąganie przy hamowaniu po wymianie klocków**

Objaw	Auto ściąga w prawo podczas mocnego hamowania, klocki i tarcze nowe
Pomiary	Na rolkach siła lewego koła wyraźnie mniejsza; zacisk i prowadnice sprawne
Przyczyna	Rozwarstwiony od środka przewód elastyczny po lewej stronie ograniczał przepływ płynu
Naprawa	Wymiana przewodów elastycznych na osi, odpowietrzenie, ponowny pomiar sił

❖ **Przypadek 2: stuki z przodu po wymianie amortyzatorów**

Objaw	Stuki na nierównościach kilka dni po wymianie amortyzatorów
Pomiary	Brak luzów na szarpaku; stuk przy obracaniu kierownicy na postoju
Przyczyna	Pozostawione stare łożysko kolumny z luzem
Naprawa	Wymiana łożysk kolumn, kontrola geometrii; zalecenie wymiany kompletu przy kolejnych zleceniach

❖ **Przypadek 3: kontrolka ABS po wymianie łożyska**

Objaw	Kontrolki ABS i ESP po wymianie łożyska koła tylnego
Pomiary	Brak sygnału prędkości koła w danych bieżących; czujnik sprawny
Przyczyna	Łożysko zamontowane pierścieniem magnetycznym w złą stronę
Naprawa	Ponowny montaż nowego łożyska właściwą stroną, kasowanie kodów, jazda próbna

❖ **Przypadek 4: drgania przy 110 km/h mimo wyważenia**

Objaw	Drgania kierownicy przy prędkości autostradowej, koła wyważone dwukrotnie
Pomiary	Bicie promieniowe jednej opony powyżej normy; felga w porządku
Przyczyna	Uszkodzona opona (odkształcenie po uderzeniu w dziurę)
Naprawa	Wymiana opony, wyważenie; drgania ustąpiły



Hamulce i zawieszenie

To dwa układy, od których zależy, czy auto zatrzyma się na czas i utrzyma tor jazdy. Pracuj przy nich bez pośpiechu i zawsze sprawdzaj efekt na jeździe próbnej.