

Podręcznik do kształcenia w zawodach

- technik pojazdów samochodowych
- mechanik pojazdów samochodowych

Kwalifikacja M.18.1

według nowej  
podstawy  
programowej

*Piotr Wróblewski Jerzy Kupiec*

# **Diagnozowanie podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych**



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności  
Warszawa

Autorzy: Piotr Wróblewski (rozdz. 1; 2; 3.1–3.11; 6 oraz 9), Jerzy Kupiec (rozdz. 3.12–3.14; 4; 5; 7; 8 oraz 10)

Projekt okładki i wnętrza książki: Dariusz Litwiniec

Redaktor merytoryczny: Jacek Łęgiwicz

Opracowanie językowe: Barbara Gluch

Redaktor techniczny: Ewa Kęsicka

Korekta: Zespół

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania oraz wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców: dr. Tomasz Karpowicz, mgr. inż. Edwarda Rymaszewskiego i mgr. inż. Roberta Wanica.

Typy szkół: **technikum, zasadnicza szkoła zawodowa.**

Zawody: **technik pojazdów samochodowych, mechanik pojazdów samochodowych.**

Kwalifikacje: **M.18.1. Diagnostowanie podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.**

Rok dopuszczenia: **2015.**

629.113.001.4(075)

Bogato ilustrowany podręcznik poświęcony diagnozowaniu mechanicznych podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych. Przedstawiono w nim zagadnienia dotyczące diagnozowania silnika, układu przeniesienia napędu, mechanizmów nośnych i jezdnych, układu kierowniczego i hamulcowego, układów bezpieczeństwa i komfortu jazdy oraz nadwozia. Opisano także podstawy badań diagnostycznych pojazdów samochodowych oraz niezbędną dokumentację. Materiał nauczania zilustrowano licznymi zdjęciami i rysunkami, obrazującymi zastosowania współczesnych przyrządów pomiarowych i urządzeń diagnostycznych oraz sposoby ich praktycznego wykorzystania. Na końcu każdego rozdziału zamieszczono ćwiczenia oraz pytania kontrolne i polecenia, umożliwiające sprawdzenie stopnia opanowania podanych wiadomości. Podręcznik przystosowano do użytkowania przez kolejne roczniki uczniów (tzw. podręcznik wieloletni).

Książka jest przeznaczona dla uczniów techników i zasadniczych szkół zawodowych, kształcących się w zawodach technika pojazdów samochodowych oraz mechanika pojazdów samochodowych, jak również dla uczestników kursów zawodowych w zakresie części pierwszej kwalifikacji M.18. *Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych*. Mogą z niej korzystać także uczniowie szkół o pokrewnym profilu kształcenia.

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o., Warszawa 2015

ISBN 978-83-206-1958-4

*Podręcznik szkolny dotowany przez Ministra Edukacji Narodowej.*

Znaki handlowe oraz nazwy firm i produktów zaprezentowane lub wymienione w książce należą do ich właścicieli i zostały użyte tylko w celach informacyjnych lub ilustracyjnych.

Utwór ani w całości, ani w fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczany ani rozpowszechniany w postaci cyfrowej zarówno w internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.

ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa

Wydanie 1. Warszawa 2015.

Objętość 32 ark. wyd. Nakład 1500 egz.

# Spis treści

|          |   |     |
|----------|---|-----|
|          | <b>Od autorów</b> .....   | 9   |
| <b>1</b> | <b>Wiadomości wstępne</b> .....   | 11  |
| 1.1      | Przepisy bezpieczeństwa podczas diagnozowania pojazdów samochodowych .....  | 11  |
| 1.2      | Przykładowy regulamin pracowni diagnostyki samochodowej .....   | 16  |
| <b>2</b> | <b>Podstawy badań diagnostycznych pojazdów samochodowych</b> .....  | 21  |
| 2.1      | Wprowadzenie .....  | 21  |
| 2.2      | Ustalanie numeru identyfikacyjnego pojazdu, identyfikacja znaków kodowych oraz metody nanoszenia znaków identyfikacyjnych ..... | 25  |
| 2.3      | Identyfikacja głównych zespołów pojazdu i pozostałe oznaczenia w pojazdach samochodowych .....                                  | 38  |
| 2.4      | Ćwiczenie .....   | 44  |
| 2.5      | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 44  |
| <b>3</b> | <b>Diagnozowanie silnika</b> .....  | 45  |
| 3.1      | Wiadomości ogólne .....   | 45  |
| 3.2      | Wstępna ocena stanu silnika na podstawie oględzin .....   | 48  |
| 3.2.1    | Wprowadzenie .....  | 48  |
| 3.2.2    | Bezprzęądowe sprawdzanie silnika spalinowego .....  | 49  |
| 3.2.3    | Ćwiczenie .....   | 56  |
| 3.2.4    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 57  |
| 3.3      | Wstępna ocena stanu silnika na podstawie wskazań diagnostyki pokładowej .....   | 57  |
| 3.3.1    | Wprowadzenie .....  | 57  |
| 3.3.2    | Odczytywanie błyskowych kodów usterek .....   | 65  |
| 3.3.3    | Odczytywanie informacji diagnostycznych za pomocą znormalizowanego czytnika kodów (testera) .....                               | 67  |
| 3.3.4    | Odczytywanie informacji diagnostycznych za pomocą pomiarów równoległych ..  | 71  |
| 3.3.5    | Odczytywanie informacji diagnostycznych za pomocą diagnoskopu .....   | 75  |
| 3.3.6    | Ćwiczenie .....   | 79  |
| 3.3.7    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 80  |
| 3.4      | Ocena szczelności przestrzeni roboczej cylindrów .....  | 81  |
| 3.4.1    | Wprowadzenie .....  | 81  |
| 3.4.2    | Pomiar ciśnienia sprężania .....  | 84  |
| 3.4.3    | Pomiar spadku ciśnienia sprężonego powietrza (przedmuchiów) .....   | 94  |
| 3.4.4    | Pomiar natężenia prądu pobieranego przez rozrusznik lub spadku napięcia na akumulatorze przy odciętym dopływie paliwa .....     | 100 |
| 3.4.5    | Sprawdzanie stanu technicznego silnika za pomocą endoskopu .....  | 104 |
| 3.4.6    | Ćwiczenie .....   | 105 |
| 3.4.7    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 106 |
| 3.5      | Ocena stanu mechanizmów napędu rozrządu .....   | 107 |
| 3.5.1    | Diagnozowanie czujników położenia i prędkości obrotowej wału korbowego oraz wału rozrządu .....                                 | 107 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.5.2  | Sprawdzanie przekładni napędowej i ustawienia rozrzędu                                       | 114 |
| 3.5.3  | Sprawdzanie działania popychaczy hydraulicznych  | 117 |
| 3.5.4  | Sprawdzanie i regulacja luzu zaworów   | 119 |
| 3.5.5  | Ćwiczenie  | 122 |
| 3.5.6  | Pytania kontrolne i polecenia  | 122 |
| 3.6    | Diagnostowanie układu chłodzenia   | 123 |
| 3.6.1  | Wprowadzenie   | 123 |
| 3.6.2  | Wstępna ocena stanu układu chłodzenia  | 124 |
| 3.6.3  | Sprawdzanie działania termostatu   | 126 |
| 3.6.4  | Sprawdzanie działania czujników temperatury cieczy chłodzącej                                | 132 |
| 3.6.5  | Sprawdzanie działania wentylatorów ze sprzęgłem lepkościowym                                 | 137 |
| 3.6.6  | Sprawdzanie działania wentylatorów o napędzie elektrycznym                                   | 140 |
| 3.6.7  | Sprawdzanie szczelności układu chłodzenia i działania zaworu nadciśnieniowo-podciśnieniowego | 143 |
| 3.6.8  | Sprawdzanie temperatury krzepnięcia cieczy chłodzącej  | 146 |
| 3.6.9  | Ćwiczenie  | 148 |
| 3.6.10 | Pytania kontrolne i polecenia  | 149 |
| 3.7    | Diagnostowanie układu smarowania   | 150 |
| 3.7.1  | Wprowadzenie   | 150 |
| 3.7.2  | Sprawdzanie poziomu oleju i szczelności zewnętrznej układu                                   | 150 |
| 3.7.3  | Sprawdzanie działania czujników i lampki kontrolnej ciśnienia oleju                          | 153 |
| 3.7.4  | Pomiar ciśnienia oleju   | 155 |
| 3.7.5  | Sprawdzanie działania czujnika temperatury i poziomu oleju silnikowego                       | 158 |
| 3.7.6  | Ocena przydatności eksploatacyjnej oleju silnikowego   | 160 |
| 3.7.7  | Ćwiczenie  | 162 |
| 3.7.8  | Pytania kontrolne i polecenia  | 163 |
| 3.8    | Diagnostowanie układu zapłonowego  | 163 |
| 3.8.1  | Wprowadzenie   | 163 |
| 3.8.2  | Sprawdzanie elektronicznego rozdzielaczowego układu zapłonowego                              | 164 |
| 3.8.3  | Sprawdzanie elektronicznego bezrozdzielaczowego układu zapłonowego                           | 167 |
| 3.8.4  | Sprawdzanie świec zapłonowych  | 169 |
| 3.8.5  | Sprawdzanie czujnika spalania stukowego  | 172 |
| 3.8.6  | Ćwiczenie  | 175 |
| 3.8.7  | Pytania kontrolne i polecenia  | 177 |
| 3.9    | Diagnostowanie układu wstępnego podgrzewania silnika ZS                                      | 177 |
| 3.9.1  | Wprowadzenie   | 177 |
| 3.9.2  | Sprawdzanie świec żarowych   | 178 |
| 3.9.3  | Sprawdzanie układu wstępnego podgrzewania ze sterownikiem świec żarowych ISS                 | 180 |
| 3.9.4  | Ćwiczenie  | 182 |
| 3.9.5  | Pytania kontrolne i polecenia  | 182 |
| 3.10   | Diagnostowanie mechanicznie sterowanych układów wtrysku paliwa silników ZS                   | 183 |
| 3.10.1 | Wprowadzenie   | 183 |
| 3.10.2 | Sprawdzanie układu wtryskowego w pojeździe   | 183 |
| 3.10.3 | Ocena stanu wtryskiwaczy mechanicznych   | 186 |
| 3.10.4 | Sprawdzanie pomp wtryskowych na stanowisku (stole) probierczym                               | 188 |
| 3.10.5 | Ćwiczenie  | 188 |
| 3.10.6 | Pytania kontrolne i polecenia  | 189 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 3.11     | Diagnozowanie elektronicznie sterowanych układów wtrysku paliwa silników ZI i ZS .....                   | 190        |
| 3.11.1   | Sprawdzanie podstawowych czujników elektronicznie sterowanych silników ZI i ZS .....                     | 190        |
| 3.11.2   | Diagnozowanie elektronicznie sterowanych układów wtrysku paliwa silników ZI .....                        | 213        |
| 3.11.3   | Diagnozowanie elektronicznie sterowanych zasobnikowych układów wtryskowych Common Rail silników ZS ..... | 221        |
| 3.11.4   | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 231        |
| 3.12     | Diagnozowanie układów zasilania gazem LPG .....  | 232        |
| 3.12.1   | Wiadomości wstępne .....   | 232        |
| 3.12.2   | Diagnozowanie instalacji LPG .....   | 234        |
| 3.12.3   | Ćwiczenie .....  | 238        |
| 3.12.4   | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 238        |
| 3.13     | Diagnozowanie układów dolotowego i wylotowego .....  | 238        |
| 3.13.1   | Ocena stanu sprawności układu dolotowego .....   | 239        |
| 3.13.2   | Ocena stanu sprawności układu wylotowego .....   | 240        |
| 3.13.3   | Pomiar ciśnienia w przewodzie dolotowym .....  | 241        |
| 3.13.4   | Diagnozowanie trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego .....  | 243        |
| 3.13.5   | Diagnozowanie filtra cząstek stałych .....   | 245        |
| 3.13.6   | Przygotowanie pojazdu do pomiaru zadymienia spalin .....   | 246        |
| 3.13.7   | Przyrządy wykorzystywane do pomiaru zadymienia spalin .....  | 247        |
| 3.13.8   | Pomiar zadymienia spalin .....   | 248        |
| 3.13.9   | Ocena wyników pomiaru zadymienia spalin .....  | 251        |
| 3.13.10  | Przygotowanie pojazdu do analizy składu spalin .....   | 254        |
| 3.13.11  | Przyrządy do pomiaru składu spalin silnika o zapłonie iskrowym .....                                     | 254        |
| 3.13.12  | Pomiar składu spalin .....   | 256        |
| 3.13.13  | Ocena wyników analizy składu spalin .....  | 257        |
| 3.13.14  | Ćwiczenia .....  | 260        |
| 3.13.15  | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 261        |
| 3.14     | Diagnozowanie układu doładowania silników o zapłonie iskrowym i samoczynnym .....                        | 261        |
| 3.14.1   | Sprawdzanie układu doładowania silnika spalinowego .....   | 261        |
| 3.14.2   | Ocena stanu technicznego sprężarki mechanicznej .....  | 263        |
| 3.14.3   | Ocena stanu technicznego turbosprężarki .....  | 265        |
| 3.14.4   | Ocena stanu technicznego obwodu smarowania turbosprężarki .....  | 266        |
| 3.14.5   | Ocena stanu technicznego obwodu chłodzenia powietrza doładowanego .....                                  | 266        |
| 3.14.6   | Ćwiczenie .....  | 267        |
| 3.14.7   | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 270        |
| <b>4</b> | <b>Diagnozowanie układu przeniesienia napędu .....</b>   | <b>271</b> |
| 4.1      | Ocena stanu technicznego układu przeniesienia napędu .....   | 271        |
| 4.2      | Diagnozowanie dwumasowego koła zamachowego .....   | 274        |
| 4.2.1    | Wiadomości wstępne .....   | 274        |
| 4.2.2    | Ćwiczenie .....  | 274        |
| 4.2.3    | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 275        |
| 4.3      | Diagnozowanie sprzęgła .....   | 275        |
| 4.3.1    | Wiadomości wstępne .....   | 275        |
| 4.3.2    | Sprawdzenie prawidłowości działania sprzęgła ciernego .....  | 276        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 4.3.3    | Sprawdzenie prawidłowości działania mechanizmu samoczynnej regulacji sprzęgła .....                                 | 278        |
| 4.3.4    | Ćwiczenie .....   | 280        |
| 4.3.5    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 280        |
| 4.4      | Diagnostowanie mechanicznej skrzynki biegów .....   | 281        |
| 4.4.1    | Wiadomości wstępne .....  | 281        |
| 4.4.2    | Sprawdzanie prawidłowości działania mechanizmu zmiany biegów .....  | 283        |
| 4.4.3    | Sprawdzanie elektrycznych i hydraulicznych układów sterowania zautomatyzowanych mechanicznych skrzynek biegów ..... | 283        |
| 4.4.4    | Ćwiczenie .....   | 286        |
| 4.4.5    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 286        |
| 4.5      | Diagnostowanie automatycznej skrzynki biegów .....  | 287        |
| 4.6      | Diagnostowanie przekładni głównej i mechanizmu różnicowego .....  | 289        |
| 4.7      | Diagnostowanie mostu napędowego .....   | 291        |
| 4.7.1    | Wiadomości wstępne .....  | 291        |
| 4.7.2    | Ocena stanu technicznego mostu napędowego .....   | 291        |
| 4.7.3    | Ćwiczenie .....   | 294        |
| 4.7.4    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 294        |
| 4.8      | Diagnostowanie wałów napędowych, półosi i przegubów napędowych .....  | 294        |
| 4.8.1    | Ocena stanu technicznego wału napędowego z przegubami krzyżakowymi .....  | 294        |
| 4.8.2    | Ocena stanu technicznego półosi napędowych z przegubami .....   | 296        |
| 4.8.3    | Ćwiczenie .....   | 298        |
| 4.8.4    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 298        |
| <b>5</b> | <b>Diagnostowanie mechanizmów nośnych i jezdnych .....</b>  | <b>299</b> |
| 5.1      | Koła i ogumienie .....  | 299        |
| 5.1.1    | Wiadomości wstępne .....  | 299        |
| 5.1.2    | Weryfikacja stanu technicznego opony .....  | 303        |
| 5.1.3    | Pomiar promieniowego i bocznego bicia koła .....  | 306        |
| 5.1.4    | Sprawdzanie szczelności ogumienia .....   | 307        |
| 5.1.5    | Sprawdzanie geometrii i rozkładu mas na obręczy .....   | 308        |
| 5.1.6    | Rodzaje wyważarek do kół jezdnych .....   | 309        |
| 5.1.7    | Sprawdzanie prawidłowości wyrównoważenia kompletnego koła .....   | 312        |
| 5.1.8    | Ćwiczenie .....   | 313        |
| 5.1.9    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 313        |
| 5.2      | Zawieszenie .....   | 314        |
| 5.2.1    | Wiadomości wstępne .....  | 314        |
| 5.2.2    | Wstępne sprawdzenie stanu technicznego elementów zawieszenia .....  | 314        |
| 5.2.3    | Wstępna ocena stanu technicznego amortyzatorów .....  | 315        |
| 5.2.4    | Badanie amortyzatora zamontowanego w pojeździe .....  | 316        |
| 5.2.5    | Sprawdzanie stanu technicznego elementów sprężystych .....  | 320        |
| 5.2.6    | Sprawdzenie stanu technicznego elementów wodzących .....  | 321        |
| 5.2.7    | Sprawdzanie kompletnego zawieszenia .....   | 322        |
| 5.2.8    | Ćwiczenie .....   | 323        |
| 5.2.9    | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 324        |
| <b>6</b> | <b>Diagnostowanie układu kierowniczego .....</b>  | <b>325</b> |
| 6.1      | Sprawdzanie elementów układu kierowniczego .....  | 325        |
| 6.1.1    | Wprowadzenie .....  | 325        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.1.2    | Sprawdzanie koła kierownicy .....  | 326        |
| 6.1.3    | Sprawdzanie kolumny kierownicy .....   | 328        |
| 6.1.4    | Sprawdzanie przekładni kierowniczej .....                                      | 331        |
| 6.1.5    | Sprawdzanie mechanizmu zwrotniczego .....                                      | 336        |
| 6.1.6    | Diagnostowanie mechanizmów wspomaganie układu kierowniczego .....              | 343        |
| 6.1.7    | Ćwiczenie .....  | 351        |
| 6.1.8    | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 352        |
| 6.2      | Diagnostowanie ustawienia kół i osi pojazdu .....                              | 353        |
| 6.2.1    | Regulowane i nieregulowane parametry ustawienia kół i osi pojazdu .....        | 353        |
| 6.2.2    | Przyrządy i sposoby pomiaru ustawienia kół .....                               | 365        |
| 6.2.3    | Ćwiczenie .....  | 381        |
| 6.2.4    | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 382        |
| <b>7</b> | <b>Diagnostowanie układu hamulcowego .....</b>                                 | <b>383</b> |
| 7.1      | Wiadomości wstępne .....   | 383        |
| 7.2      | Diagnostyka hydraulicznych układów hamulcowych .....                           | 384        |
| 7.2.1    | Zewnętrzne sprawdzenie elementów układu hamulcowego .....                      | 385        |
| 7.2.2    | Ocena jałowego i rezerwowego skoku pedału i dźwigni hamulca .....              | 386        |
| 7.2.3    | Próba szczelności obwodu hydraulicznego .....                                  | 387        |
| 7.2.4    | Sprawdzenie działania urządzenia wspomagającego hamulce .....                  | 387        |
| 7.2.5    | Ocena zużycia elementów hamulca bębnowego .....                                | 388        |
| 7.2.6    | Ocena zużycia elementów hamulca tarczowego .....                               | 388        |
| 7.2.7    | Ocena jakości płynu hamulcowego .....  | 391        |
| 7.2.8    | Sprawdzenie działania świateł hamowania „stop” .....                           | 392        |
| 7.2.9    | Ćwiczenie .....  | 393        |
| 7.2.10   | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 393        |
| 7.3      | Diagnostowanie elementów elektronicznego wyposażenia układów hamulcowych ..... | 394        |
| 7.3.1    | Wiadomości wstępne .....   | 394        |
| 7.3.2    | Sprawdzanie czujników prędkości obrotowej kół .....                            | 395        |
| 7.3.3    | Wykorzystanie testera do diagnostowania urządzenia ABS i układu ESP .....      | 396        |
| 7.3.4    | Ocena działania urządzenia ABS i układu ESP .....                              | 397        |
| 7.3.5    | Ćwiczenie .....  | 398        |
| 7.3.6    | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 398        |
| 7.4      | Diagnostowanie pneumatycznych układów hamulcowych .....                        | 399        |
| 7.4.1    | Wiadomości wstępne .....   | 399        |
| 7.4.2    | Przyrządy diagnostyczne .....  | 399        |
| 7.4.3    | Sprawdzanie sprężarki i podstawowych układów zabezpieczających .....           | 400        |
| 7.4.4    | Sprawdzanie szczelności układu przenoszącego .....                             | 402        |
| 7.4.5    | Sprawdzanie dwuobwodowego zaworu zabezpieczającego .....                       | 402        |
| 7.4.6    | Sprawdzanie obwodu hamulca postojowego i awaryjnego .....                      | 402        |
| 7.4.7    | Sprawdzanie mechanizmów hamulcowych .....                                      | 403        |
| 7.4.8    | Ćwiczenie .....  | 404        |
| 7.4.9    | Pytania kontrolne i polecenia .....  | 404        |
| 7.5      | Sprawdzanie skuteczności i równomierności hamowania .....                      | 405        |
| 7.5.1    | Warunki wstępne pomiarów .....   | 405        |
| 7.5.2    | Pomiar sił hamowania na stanowisku rolkowym metodą quasi-statyczną .....       | 406        |
| 7.5.3    | Pomiar sił hamowania na stanowisku płytowym metodą dynamiczną .....            | 409        |
| 7.5.4    | Pomiar opóźnienia hamowania .....  | 410        |
| 7.5.5    | Ocena wyników pomiarów .....   | 412        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 7.5.6     | Ćwiczenie .....   | 415        |
| 7.5.7     | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 415        |
| <b>8</b>  | <b>Diagnostowanie układów bezpieczeństwa i komfortu jazdy ...</b>   | <b>417</b> |
| 8.1       | Diagnostowanie układów bezpieczeństwa biernego .....  | 417        |
| 8.1.1     | Wiadomości wstępne .....  | 417        |
| 8.1.2     | Zasady bezpieczeństwa podczas obsługi poduszek gazowych i pirotechnicznych napinaczy pasów bezpieczeństwa ..... | 418        |
| 8.1.3     | Sprawdzanie pasów bezpieczeństwa .....  | 419        |
| 8.1.4     | Sprawdzanie pirotechnicznych napinaczy pasów bezpieczeństwa .....   | 422        |
| 8.1.5     | Kontrola poduszek gazowych .....  | 423        |
| 8.1.6     | Ćwiczenie .....   | 425        |
| 8.1.7     | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 426        |
| 8.2       | Diagnostowanie klimatyzacji .....   | 426        |
| 8.2.1     | Rodzaje i elementy układu klimatyzacji .....  | 426        |
| 8.2.2     | Zasada działania klimatyzacji .....   | 429        |
| 8.2.3     | Materiały eksploatacyjne w układzie klimatyzacji .....  | 430        |
| 8.2.4     | Ocena stanu technicznego układu klimatyzacji .....  | 431        |
| 8.2.5     | Diagnostyka z wykorzystaniem manometrów .....   | 436        |
| 8.2.6     | Ćwiczenie .....   | 439        |
| 8.2.7     | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 439        |
| 8.3       | Pomiar hałasu emitowanego przez pojazd .....  | 440        |
| 8.3.1     | Urządzenia do pomiaru hałasu .....  | 440        |
| 8.3.2     | Procedura pomiaru poziomu hałasu zewnętrznego oraz ocena wyników .....  | 441        |
| 8.3.3     | Ćwiczenie .....   | 443        |
| 8.3.4     | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 444        |
| <b>9</b>  | <b>Diagnostowanie nadwozia pojazdu .....</b>  | <b>445</b> |
| 9.1       | Sprawdzanie elementów nośnych pojazdu .....   | 445        |
| 9.2       | Sprawdzanie geometrii nadwozia .....  | 447        |
| 9.3       | Sprawdzenie stanu powłoki lakierowej .....  | 449        |
| 9.4       | Ćwiczenie .....   | 454        |
| 9.5       | Pomiar współczynnika przepuszczalności światła szyb w pojazdach samochodowych .....                             | 454        |
| 9.6       | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 458        |
| <b>10</b> | <b>Przygotowanie pojazdu i dokumentacji niezbędnej do diagnostowania .....</b>                                  | <b>459</b> |
| 10.1      | Dokumentacja niezbędna do przyjęcia pojazdu .....   | 459        |
| 10.2      | Przygotowanie pojazdu do diagnostyki .....  | 463        |
| 10.3      | Wydanie samochodu klientowi .....   | 467        |
| 10.4      | Ćwiczenie .....   | 468        |
| 10.5      | Pytania kontrolne i polecenia .....   | 468        |
|           | <b>Bibliografia .....</b>   | <b>469</b> |



# Od autorów

Diagnostyka pojazdów samochodowych jest zagadnieniem bardzo złożonym. Do diagnozowania niezbędne są:

- dobra znajomość budowy i działania poszczególnych zespołów i podzespołów samochodu;
- ustalenie wzajemnego wpływu poszczególnych układów;
- umiejętność powiązania występujących objawów z przyczynami i wykrycia źródła niesprawności;
- doświadczenie w wykrywaniu niesprawności pojazdów samochodowych różnych marek, modeli i generacji.

Z obserwacji autorów wynika, że diagnozowanie stanowi najtrudniejszą część obsługi pojazdów. Można je porównać do rozwiązywania równania z wieloma niewiadomymi, których udaje się pozbyć jedynie metodą systematycznej eliminacji.

W podręczniku przedstawiono podstawowe wiadomości dotyczące ogólnej i szczegółowej diagnostyki podzespołów i zespołów mechanicznych występujących w pojazdach samochodowych. Opiszono proste oraz zaawansowane metody weryfikacji i pomiaru parametrów diagnostycznych, przyrządy i urządzenia diagnostyczne, jak również przedstawiono niezbędną dokumentację warsztatową. Materiał nauczania zilustrowano licznymi zdjęciami i rysunkami, obrazującymi przykłady zastosowania współczesnych przyrządów pomiarowych i urządzeń diagnostycznych oraz sposoby ich praktycznego wykorzystania. Każdy z opisanych tematów zakończono ćwiczeniem oraz pytaniami kontrolnymi i poleceniami, które umożliwiają samodzielne sprawdzenie nabytych wiadomości.

Ze względu na wprowadzony nową podstawą programową kształcenia w zawodach podział zawodów na kwalifikacje i konieczność oddzielenia nauczania diagnozowania podzespołów i zespołów mechanicznych (kwalifikacja M.18) od nauczania diagnozowania układów elektrycznych i elektronicznych (kwalifikacja M.12), **w niniejszym podręczniku zagadnienia dotyczące diagnozowania elementów mechanicznych opisano na białym tle i należy je traktować jako informacje podstawowe. Natomiast niezbędne dla zrozumienia całości diagnozowania pojazdów samochodowych informacje uzupełniające, dotyczące powiązanych z omawianymi zagadnieniami elementów elektrycznych i elektronicznych, zamieszczono na cytrynowym tle.** Taki sposób ujęcia umożliwia zaprezentowanie pełnego obrazu sytuacji diagnostycznej spotykanej w nasyconych elektroniką współczesnych pojazdach samochodowych, w których nie da się wykryć rzeczywistych źródeł niesprawności bez uwzględnienia wszystkich możliwych przyczyn (zarówno mechanicznych, jak i elektrycznych).

Książka stanowi cenne źródło wiedzy nie tylko dla uczniów i nauczycieli, lecz także dla pracowników warsztatów i stacji obsługi samochodów, a zwłaszcza dla diagnostów samochodowych. Z uwagi na złożoność zagadnień oraz ograniczoną objętość podręcznik ten nie wyczerpuje omawianej tematyki. Stanowi jednak niezbędną podstawę umożliwiającą dalsze samodzielne zgłębianie informacji zawartych w literaturze fachowej, dostępnych

bazach danych, dokumentacji technicznej i technologicznej oraz licznych aktach normatywnych (przepisach i normach).

Wszystkim Czytelnikom życzymy wytrwałości w poszukiwaniu przyczyn niesprawności pojazdów samochodowych oraz wielu sukcesów w ich wykrywaniu. Warto pamiętać, że czas poświęcony na rzetelne diagnozowanie i wykrycie prawdziwej przyczyny niesprawności pozwoli uniknąć niepotrzebnej oraz często pracochłonnej wymiany różnych części, jak również przyniesie diagnozującemu wiele satysfakcji. Każda samodzielnie postawiona trafna diagnoza wynagrodzi trud poświęcony na zgłębianie tajników diagnozowania pojazdów samochodowych.

# Diagnozowanie układu hamulcowego

## 7

### W tym rozdziale dowiemy się:

- w jakie rodzaje hamulców powinien być wyposażony pojazd samochodowy,
- jakie wymagania określają sprawność układu hamulcowego,
- na czym polega diagnozowanie hydraulicznych układów hamulcowych,
- jak ocenić sprawność elementów elektronicznego wyposażenia układów hamulcowych,
- jakie czynności należy wykonać w celu zdiagnozowania pneumatycznego układu hamulcowego,
- w jaki sposób sprawdzić skuteczność i równomierność hamowania pojazdu samochodowego.

### Wiadomości wstępne

## 7.1

Zgodnie z wymaganiami przepisów rozporządzenia w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia każdy pojazd samochodowy wyposaża się w trzy rodzaje hamulców, które opisano poniżej.

**Hamulec roboczy** ma działać na wszystkie koła. Jest on przeznaczony do zmniejszania prędkości oraz do zatrzymania pojazdu w sposób niezawodny, szybki i skuteczny niezależnie od jego prędkości i obciążenia oraz kąta wzniesienia lub spadku jezdni. Powinien on umożliwiać regulowanie intensywności hamowania bez użycia rąk.

**Hamulec awaryjny** ma działać co najmniej na koła jednej osi. Jest on przeznaczony do zatrzymania pojazdu w razie awarii hamulca roboczego. Powinien umożliwiać regulowanie intensywności hamowania. Ponadto dokonywanie hamowania awaryjnego z miejsca kierowcy musi umożliwiać trzymanie kierownicy przynajmniej jedną ręką.

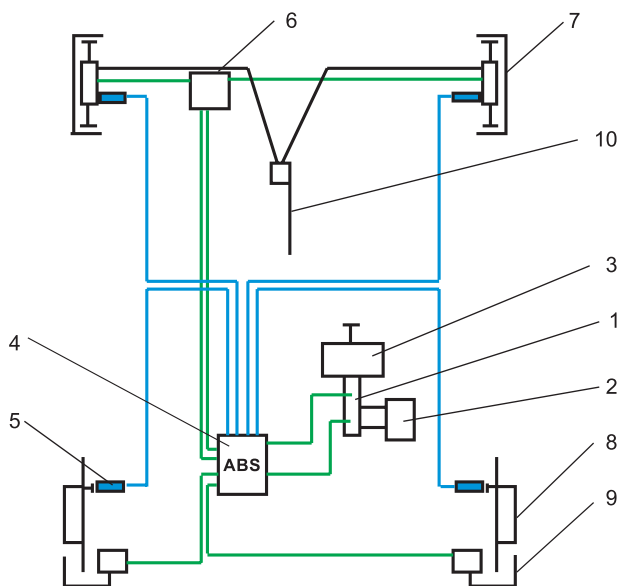
**Hamulec postojowy** jest przeznaczony do unieruchamiania pojazdu na wzniesieniu i spadku. Ma działać pod nieobecność kierowcy i być uruchamiany z miejsca kierowcy. Ponadto robocze części hamulca powinny pozostawać w położeniu zahamowania za pomocą wyłącznie mechanicznego urządzenia.

Jeżeli hamulec awaryjny spełnia wymagania dotyczące hamulca postojowego, nie wymaga się dodatkowego wyposażenia pojazdu w hamulec postojowy.

Budowę typowego hydraulicznego układu hamulcowego przedstawiono na rysunku 7.1.

Sprawność układu hamulcowego określają następujące wymagania:

- układ powinien być kompletny i odpowiadać specyfikacji producenta pojazdu;
- wszystkie elementy składowe powinny być prawidłowo zamocowane (pedał hamulca, pompa, przewody itp.);

**Rys. 7.1**

Budowa hydraulicznego układu hamulcowego

1 – pompa hamulcowa, 2 – zbiornik płynu hamulcowego, 3 – urządzenie wspomagające, 4 – modulator ABS, 5 – czujnik prędkości obrotowej koła, 6 – korektor siły hamowania, 7 – bęben hamulcowy, 8 – tarcza hamulcowa, 9 – zacisk hamulca tarczowego, 10 – hamulec postojowy  
[Źródło: J. Kupiec]

- żaden z elementów nie powinien wykazywać uszkodzeń mechanicznych, a układ powinien być szczelny;
- w hydraulicznym układzie poziom płynu hamulcowego w zbiorniku powinien znajdować się między stanami minimalnym i maksymalnym;
- hydrauliczny układ nie powinien wykazywać oznak zapowietrzenia i powinien być szczelny;
- w pneumatycznym układzie hamulcowym ciśnienie powinno być zgodne ze specyfikacją producenta pojazdu;
- skok pedału hamulca (jałowy i rezerwowy) powinien odpowiadać wartościom podanym przez producenta pojazdu;
- luz w mechanizmach zmierzony pośrednio lub bezpośrednio powinien być zgodny z wartościami podanymi przez producenta pojazdu;
- urządzenia wspomagające, przeciwblokujące, przeciwoślizgowe i inne współpracujące z układem hamulcowym powinny być sprawne;
- działanie układu powinno zapewniać odpowiedni wskaźnik skuteczności hamowania oraz właściwą równomierność hamowania.

## 7.2 Diagnostyka hydraulicznych układów hamulcowych

Niezależnie od stopnia skomplikowania hydraulicznego układu hamulcowego **diagnostowanie wstępne** obejmuje czynności, którymi są:

- zewnętrzne sprawdzenie elementów układu;
- ocena jałowego i rezerwowego skoku pedału i dźwigni hamulca;
- próba szczelności obwodu hydraulicznego;

- sprawdzenie działania urządzenia wspomagającego;
- ocena zużycia okładzin hamulcowych;
- ocena jakości płynu hamulcowego;
- sprawdzenie działania świateł hamowania „stop”.

## Zewnętrzne sprawdzenie elementów układu hamulcowego

### 7.2.1

Zewnętrzne sprawdzenie elementów układu hamulcowego polega na porównaniu stanu faktycznego z dokumentacją producenta pojazdu. Niedopuszczalne jest dokonywanie wszelkich zmian konstrukcyjnych układu hamulcowego, np. zmiany rodzaju zacisków lub średnicy tarcz hamulcowych. Każda z części składowych instalacji hydraulicznej powinna być szczelna i pewnie zamocowana do nadwozia lub elementów zawieszenia. Szttywne przewody hamulcowe nie mogą być nadmiernie skorodowane ani uszkodzone mechanicznie. Elastyczne przewody hamulcowe, które są uszkodzone, poskręcane, za krótkie, mają widoczną siatkę spękań starzeniowych, są porowate bądź pęcznieją pod ciśnieniem albo ocierają o inne elementy, należy wymienić. Podczas sprawdzania należy ręcznie przeginać przewody elastyczne w celu uwidocznienia pęknięć, zwracając szczególną uwagę na przewody łączące przednie zaciski hamulcowe ze sztywnymi przewodami.

Ze względów bezpieczeństwa istotne znaczenie ma stan techniczny pedału hamulca. Powierzchnia stopki pedału hamulca powinna być przeciwpoślizgowa dla zapewnienia pewnego oparcia stopy kierowcy. Niedopuszczalne są: brak nakładki pedału albo nakładka zbyt luźna lub wytarta. Pozostałymi usterkami decydującymi o uznaniu stanu technicznego układu hamulcowego za niezadawalający są:

- nadmierne zużycie piasty osi pedału hamulca;
- nadmierny opór towarzyszący wciskaniu pedału hamulca;
- wyczuwalny luz osadzenia pedału hamulca na piaście;
- zbyt mały lub zbyt duży skok jałowy pedału;
- niepowracanie pedału do położenia spoczynkowego po zwolnieniu nacisku.

Kolejnym elementem podlegającym ocenie jest zespół pompy hamulcowej wraz z urządzeniem wspomagającym. Sposób sprawdzenia działania urządzenia wspomagającego opisano w dalszej części tego rozdziału (patrz p. 7.2.4). Natomiast pompa hamulcowa powinna być szczelna, zbiornik wyrównawczy płynu hamulcowego musi być wyposażony w pokrywę, a poziom płynu hamulcowego ma znajdować się między stanami minimalnym i maksymalnym. Gdy układ jest wyposażony w sygnalizator zbyt niskiego poziomu płynu hamulcowego w zbiorniku, musi on być sprawny.

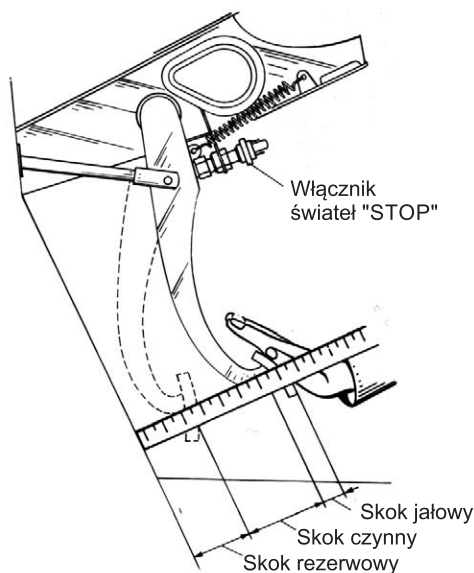
Korektor siły hamowania, jeżeli występuje w układzie, powinien działać bez zacięć i być szczelny. Prawidłowość działania tego korektora można sprawdzić jedynie eksperymentalnie, badając zmiany rozkładu sił hamowania między osiami pojazdu podczas zmiany obciążenia pojazdu. Jednakże do prawidłowego wykonania takiego badania niezbędna jest znajomość danych od producenta pojazdu.

Ostatnim elementem hydraulicznym są rozpieracze, którymi są cylinderki hamulców bębnowych oraz tłoki zacisków hamulców tarczowych. Cylinderki powinny być szczelne, a ich tłoczki nie mogą być zatarte. Nieszczelność cylinderka objawia się pojawieniem się płynu hamulcowego na wewnętrznej krawędzi bębna hamulcowego – w takim przypadku

natychmiast należy wycofać pojazd z eksploatacji. Zatarcie można rozpoznać w układach wyposażonych w hamulec awaryjny działający na tę samą parę cierną (szczęka – bęben). Występowanie dużej różnicy wartości sił hamowania zmierzonej na kole dla hamulca roboczego i awaryjnego (siła hamulca awaryjnego jest większa) świadczy o zatarciu jednego z tłoczków cylinderka hamulcowego. Podczas sprawdzania zacisków hamulców tarczowych, poza ich szczelnością, istotne jest zapewnienie swobodnego ruchu w prowadnicach zacisku. Brak możliwości swobodnego ruchu objawia się spadkiem siły hamowania oraz charakterystyczną korozją tarczy hamulcowej po stronie dociąganego klocka hamulcowego (przeważnie jest to klocek zewnętrzny, a skorodowana tarcza jest widoczna od zewnętrznej strony koła).

## 7.2.2 Ocena jałowego i rezerwowego skoku pedału i dźwigni hamulca

Zapewnienie właściwego jałowego skoku pedału i dźwigni hamulca ma na celu umożliwienie powrotu części składowych układu do pozycji odhamowania. Luz między tłokiem pompy hamulcowej a popychaczem wynosi przeciętnie 1 mm. Ponieważ pedał hamulca działa w układzie dźwigni, wartość skoku tego pedału jest wielokrotnie większa. Przyjmuje się, że jałowy skok pedału hamulca roboczego nie powinien przekraczać 20% całego skoku (dla układu hydraulicznego od 3 do 10 mm). Dla hamulca awaryjnego sterowanego dźwignią wartość skoku jałowego nie powinna przekraczać 1/3 skoku całkowitego. Podczas wciskania pedału hamulca, po pokonaniu skoku jałowego, należy pokonać skok czynny. Odpowiada on za dosunięcie elementów ciernych do tarcz lub bębnow, a następnie wytworzenie odpowiedniej siły docisku. Pomiar wartości skoku czynnego wykonuje się na podstawie wartości skoku rezerwowego. Powinna ona wynosić od 30% do 50% całkowitego skoku pedału. Poszczególne wartości skoku pedału hamulca przedstawiono na rysunku 7.2.



**Rys. 7.2**

Sposób oceny jałowego i czynnego skoku pedału hamulca

[Źródło: Trzeciak K.: *Diagnostyka samochodów osobowych*. WKŁ, Warszawa 2013]

W pojazdach wyposażonych w urządzenie wspomagające skoki jałowy i rezerwowy należy mierzyć przy wyłączonym silniku. Gdy działa urządzenie wspomagające, skok jałowy pedału zwiększa się bowiem samoczynnie.

**Pomiar jałowego skoku pedału hamulca** wykonuje się, naciskając ręką na pedał hamulca do wyczuwalnego oporu i mierząc wartość zmiany położenia pedału linijką.

**Pomiar czynnego skoku pedału hamulca** polega na:

- naciśnięciu na pedał siłą 500 N i odczytaniu (np. ze skali na linijce opartej o podłogę) odległości od podłogi;
- powtórzeniu pomiaru po kilkukrotnym szybkim naciśnięciu pedału i przytrzymaniu go z dużą siłą (ok. 700 N) przez ok. 1 min.

Podczas przeprowadzania próby czynny skok pedału nie powinien się zmieniać. Jeżeli się zmniejsza, świadczy to o zapowietrzeniu układu hamulcowego. Jeżeli natomiast będzie się zwiększał, może to oznaczać niesprawność zaworu zwrotnego w pompie hamulcowej.

## Próba szczelności obwodu hydraulicznego

### 7.2.3

**Próba szczelności obwodu hydraulicznego** polega na sprawdzeniu ciśnienia wytwarzanego w układzie hamulcowym.

Do wykonania próby szczelności obwodu hydraulicznego niezbędne są następujące przyrządy i narzędzia:

- przyrząd do wywierania nacisku na pedał hamulca;
- dwa manometry (o zakresach pomiarowych 0–1 MPa i 0–10 MPa) ze złączkami;
- klucz do odkręcania i zakręcania odpowietrznika układu hamulcowego.

**Sposób pomiaru** jest następujący:

- manometr niskociśnieniowy o zakresie pomiarowym 0–1 MPa wkręcić zamiast odpowietrznika w hamulec dowolnego koła. Po zamontowaniu manometru odpowietrzyć układ;
- za pomocą przyrządu rozpierającego, umieszczonego między stopką pedału a fotel kierowcy, wywrzeć taki nacisk na pedał hamulca, aby w układzie hamulcowym wytworzyć ciśnienie 0,2–0,5 MPa. Utrzymywać stały nacisk na pedał przez ok. 5 min (w sprawnym układzie hamulcowym spadek ciśnienia powinien być niezauważalny);
- zmienić manometr na wysokociśnieniowy o zakresie pomiarowym 0–10 MPa i powtórzyć pomiar, tak ustawiając przyrząd rozpierający, aby w układzie hamulcowym wytworzyć ciśnienie 5–10 MPa;
- nie zwalniać przyrządu przez ok. 10 min (spadek ciśnienia podczas pomiaru nie powinien przekraczać 1% na minutę);
- przypadku dwuobwodowego układu hamulcowego poprzednio opisane pomiary powtórzyć dla hamulca drugiego obwodu.

## Sprawdzenie działania urządzenia wspomagającego hamulce

### 7.2.4

**Urządzenie wspomagające** wzmacnia siłę wywieraną przez kierowcę na pedał hamulca w celu zwiększenia siły hamowania. Do wspomaganie wykorzystuje się podciśnienie panujące w kolektorze dolotowym (w silnikach o zapłonie iskrowym) lub wytwarzane przez



pompe podciśnienia (w silnikach o zapłonie samoczynnym). Ważnym elementem obwodu podciśnienia jest zawór zwrotny znajdujący się na przewodzie podciśnienia, który utrzymuje podciśnienie po wyłączeniu silnika. Zazwyczaj wystarcza to do wykonania 3 do 4 pełnych hamowań. Uszkodzenie zaworu objawia się tym, że zaraz po unieruchomieniu silnika pedał hamulca staje się „twardy”.

**Działanie urządzenia wspomagającego można sprawdzić** w następujący sposób:

- przy niepracującym silniku usunąć resztki podciśnienia z obwodu wspomaganie przez kilkukrotne naciśnięcie na pedał hamulca;
- wcisnąć pedał hamulca z niewielką siłą i uruchomić silnik, obserwując zachowanie się pedału – obniżenie się pedału pod naciskiem po uruchomieniu silnika świadczy o sprawności urządzenia wspomagającego.

Jeżeli wspomaganie jest słabe lub nie działa, trzeba sprawdzić odgłosy towarzyszące jego uruchamianiu. Przy pracującym silniku należy kilkakrotnie nacisnąć na pedał hamulca. Jeżeli podczas wciskania pedału pojawi się łagodne syczenie, świadczy to o prawidłowej pracy wspomaganie. Gdy jednak po puszczeniu pedału hamulca nadal słychać syczenie, jest to dowodem uszkodzenia urządzenia wspomagającego. Urządzenie wspomagające jest nienaprawialne, więc w razie stwierdzenia uszkodzenia należy je wymienić.

## 7.2.5 Ocena zużycia elementów hamulca bębnowego

**Zużycie elementów hamulca bębnowego** można ocenić po wymontowaniu bębna. Wówczas można zmierzyć wartość średnicy roboczej (wewnętrznej) bębna hamulca oraz grubość okładzin szczęk hamulcowych. Sposób wykonania pomiarów przedstawiono na rysunku 7.3.

Jeżeli zmierzona w najbardziej zużytych miejscach **grubość okładziny czarnej** wynosi 1,5 mm lub mniej, okładziny lub całe szczęki hamulcowe należy wymienić. Zaleca się wymianę okładzin w obu hamulcach danej osi w celu uniknięcia nierównomiernego działania hamulców.

Wymiana elementów ciernych jest konieczna również w razie stwierdzenia zanieczyszczenia okładziny czarnej smarem lub olejem.

**Powierzchnia robocza bębna** hamulca nie może być nadmiernie zowalizowana ani mieć głębokich rys lub pęknięć. Naprawa bębna za pomocą przetoczenia powierzchni roboczej nie może zwiększyć znamionowej średnicy bębna więcej niż o 1–2 mm. Przekroczenie tej granicy stworzy niebezpieczeństwo sprężystego odkształcania się bębna podczas hamowania, co skutecznie zmniejsza siłę hamowania.

## 7.2.6 Ocena zużycia elementów hamulca tarczowego

**Ocena zużycia elementów hamulca tarczowego** obejmuje:

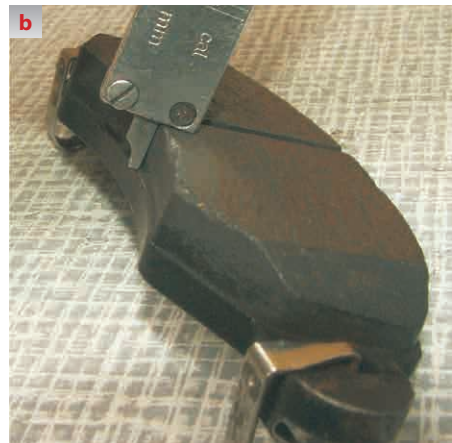
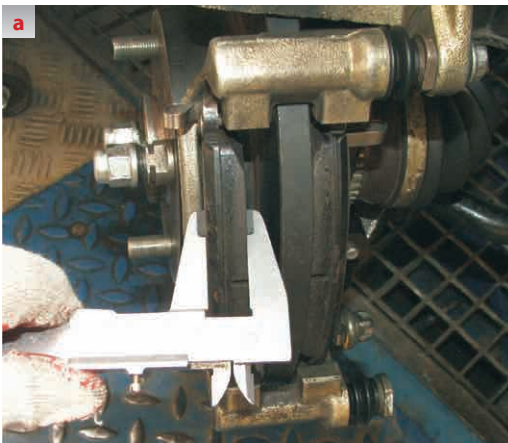
- pomiar zużycia klocków hamulcowych;
- pomiar bicia tarczy hamulca;
- pomiar grubości i ocenę stanu powierzchni tarczy hamulca;
- ocenę możliwości ruchu zacisku hamulca.

**Klocki hamulcowe** nie nadają się do dalszego użytkowania, jeżeli grubość okładzin ciernych wynosi mniej niż 1,5 mm. W razie konieczności wymiany klocków w hamulcu





**Rys. 7.3** Pomiary średnicy wewnętrznej bębna hamulca w dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyznach (a, b) oraz grubości okładziny szczęki hamulcowej jako różnicy wymiarów z rysunków (c) i (d)  
[Źródło: J. Kupiec]



**Rys. 7.4** Pomiar grubości okładziny ciernej wraz z płytą podstawy (a) lub bez niej za pomocą głębokościomierza suwmiarki (b)  
[Źródło: J. Kupiec]

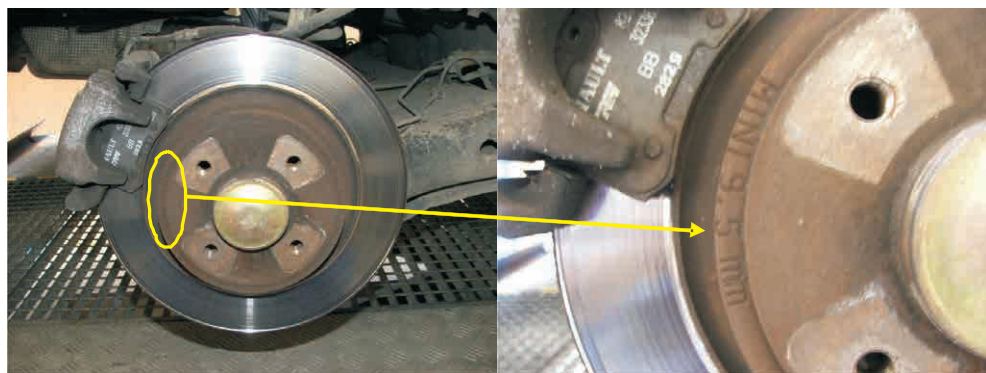
**Rys. 7.5**

Pomiar bicia osiowego tarczy hamulcowej za pomocą czujnika zegarowego  
[Źródło: J. Kupiec]

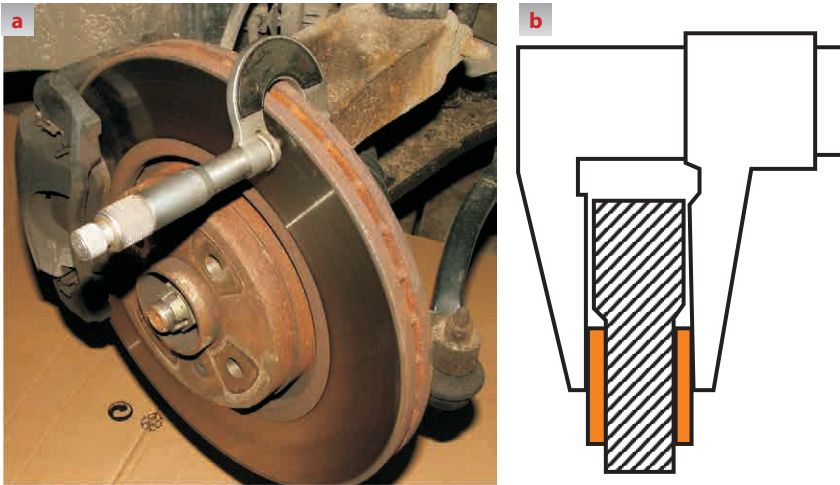
jednego koła należy je wymienić również w drugim hamulcu danej osi, aby zapewnić równomierność ich działania. Sposób pomiaru grubości okładziny ciernej przedstawiono na rysunku 7.4.

Dopuszczalne **bicie osiowe tarczy hamulcowej** zwykle wynosi 0,15–0,20 mm. Pomiaru bicia można dokonać za pomocą czujnika zegarowego bez demontażu tarczy z piasty koła (rys. 7.5). Gdy tarcza nie jest przykręcana do piasty, należy ją zamocować. W przypadku stwierdzenia, że bicie tarczy przekracza dopuszczalną wartość i nie jest to spowodowane poluzowaniem się śrub mocujących tarczę do piasty koła, tarczę należy przeszlifować lub wymienić.

W wyniku obróbki mechanicznej grubość tarczy nie może zmniejszyć się o więcej niż 0,5–1 mm w porównaniu z nową tarczą, tzn. 0,25–0,5 mm na stronę. Bardzo często producent tarczy hamulcowej podaje na niej informację o dopuszczalnej minimalnej jej grubości (rys. 7.6) i wymiaru tego nie wolno przekraczać. Sam pomiar grubości można wykonać za pomocą mikrometru lub suwmiarki i dwóch monet. Sposób pomiaru pokazano na rysunku 7.7.



**Rys. 7.6** Umieszczenie informacji o minimalnej grubości tarczy hamulcowej  
[Źródło: J. Kupiec]



**Rys. 7.7** Sposób pomiaru grubości tarczy hamulcowej  
 a – za pomocą mikrometru, b – za pomocą suwmiarki i dwóch monet (oznaczonych kolorem)  
 [Źródło: J. Kupiec]

## Ocena jakości płynu hamulcowego

### 7.2.7

**Zawartość wody w płynie hamulcowym** jest głównym kryterium oceny jego przydatności, ponieważ woda obniża temperaturę wrzenia płynu. Stwierdzono, że 3-procentowa zawartość wody w płynie, który w stanie świeżym wykazuje temperaturę wrzenia 290°C, powoduje jej obniżenie do 150°C. Tak niska temperatura wrzenia podczas intensywnego hamowania grozi powstawaniem w układzie hamulcowym korków parowych, które opóźniają narastanie ciśnienia i zmniejszają siłę hamowania. Tworzenie się korków parowych można rozpoznać po „miękkim” pedale hamulca lub jego nagłym opadaniu podczas intensywnego hamowania.

**Ogólne kryteria oceny jakości płynu hamulcowego** zestawiono w tabelicy 7-1. W praktyce, gdy zawartość wody przekracza 1% lub temperatura wrzenia wynosi poniżej 175°C, zaleca się wymianę płynu hamulcowego.

**Do oceny przydatności płynu hamulcowego** stosuje się trzy rodzaje przyrządów:

- wskazujące procentową zawartość wody na podstawie przewodności elektrycznej płynu;
- wskazujące temperaturę wrzenia płynu (rys. 7.8);
- określające temperaturę wrzenia na podstawie pomiarów optycznych.

**Tabl. 7-1** Kryteria oceny stanu płynu hamulcowego

| Temperatura wrzenia | Zawartość wody | Ocena płynu hamulcowego   |
|---------------------|----------------|---|
| Ponad 185°C         | 0% do 1%       | Płyn o dobrych własnościach   |
| 165°C do 185°C      | ok. 2%         | Gdy płyn jest eksploatowany powyżej 2 lat, należy go wymienić; w przeciwnym razie można go dalej eksploatować |
| Poniżej 165°C       | ok. 3%         | Płyn do wymiany   |

Źródło: Myszkowski S.: Płyny hamulcowe – ocena jakości. *Auto Moto Serwis* nr 4/1997.

**Rys. 7.8**

Przyrząd do pomiaru temperatury wrzenia płynu hamulcowego bezpośrednio w zbiorniku wyrównawczym lub po pobraniu próbki płynu do specjalnego pojemnika  
[Źródło J. Kupiec]

Dzięki dobremu dostępowi do płynu hamulcowego w zbiorniku wyrównawczym próbki do badania pobiera się właśnie z niego. Należy jednak pamiętać, że zawartość wody w rozprężaczu hydraulicznym hamulca jest o 1–2% większa niż w zbiorniku wyrównawczym.

Do badania płynu hamulcowego szeroko wykorzystuje się mierniki przewodności elektrycznej ze względu na niski koszt ich zakupu. Jednak należy pamiętać, że ich wskazania są prawidłowe, gdy badany płyn ma cechy tego, który został użyty do kalibracji urządzenia.

Producenci płynów hamulcowych najczęściej stosują oznaczenia wg federalnej normy amerykańskiej FMVSS nr 116, która rozróżnia płyny DOT-3, DOT-4 i DOT-5 o temperaturach wrzenia odpowiednio 205°C, 230°C i 260°C. W instrukcji naprawy producent pojazdu ściśle określa rodzaj zalecanego płynu hamulcowego oraz okres jego wymiany.

## 7.2.8 Sprawdzenie działania świateł hamowania „stop”

Zgodnie z przepisami dotyczącymi warunków technicznych każdy pojazd samochodowy i przyczepa powinny być wyposażone z tyłu w co najmniej 2 (a najwyżej 4) **światła hamowania „stop”** barwy czerwonej o światłości znacznie większej niż tylne światła pozycyjne, rozróżnialnej „gołym” okiem. Światła te powinny być odpowiednio rozmieszczone. Na przykład w samochodach osobowych muszą one być umieszczone nie dalej niż 400 mm od obrysu bocznego pojazdu oraz na wysokości od 350 mm do 1500 mm.

**Światła hamowania „stop”** powinny zaświecać się przed wystąpieniem opóźnienia ruchu pojazdu oraz gasnąć po zwolnieniu pedału hamulca roboczego. Ich włączenie powinno następować na końcu skoku jałowego pedału hamulca lub na początku skoku



roboczego przy sile nacisku na pedał od 2 do 5 daN (dla czujników hydraulicznych). Gdy po naciśnięciu pedału hamulca światło hamowania się nie zaświeca, najczęstszymi przyczynami są: uszkodzony włącznik świateł hamowania, przepalona żarówka lub niesprawny bezpiecznik.

## Ćwiczenie

7.2.9

### Cel ćwiczenia

Ocena wielkości jałowego i rezerwowego skoku pedału hamulca.

### Używane pomoce dydaktyczne:

- samochód osobowy wyposażony w hydrauliczny układ hamulcowy;
- przymiar liniowy;
- czujnik siły nacisku na pedał hamulca.

### Przebieg ćwiczenia

1. Samochodem wyposażonym w hydrauliczny układ hamulcowy wjechać na stanowisko kontrolne i zabezpieczyć pojazd przed przemieszczaniem (podłożyć kliny pod koła i włączyć 1. bieg).
2. Usunąć podciśnienie z układu wspomagania hamulców przez kilkukrotne naciśnięcie na pedał hamulca.
3. Przystawić do podłogi przymiar liniowy obok pedału hamulca, odczytać i zanotować wskazania przy pedale swobodnym.
4. Wcisnąć ręką pedał hamulca do wyczuwalnego oporu, odczytać i zanotować wskazania w tym położeniu.
5. Na pedale hamulca zamontować czujnik siły nacisku.
6. Wcisnąć nogą pedał hamulca tak, aby uzyskać siłę nacisku o wartości 500 N; odczytać i zanotować wskazania w tym położeniu.
7. Obliczyć jałowy skok pedału hamulca: odjąć wskazania uzyskane z pomiarów wg punktów 3 i 4.
8. Obliczyć wartość czynnego skoku pedału hamulca: odjąć wskazania uzyskane z pomiarów wykonanych w punktach 4 i 6.
9. Uzyskane wyniki porównać z danymi technicznymi pojazdu lub ogólnymi warunkami podanymi w punkcie 7.2.2.

## Pytania kontrolne i polecenia

7.2.10

1. Krótko scharakteryzuj rodzaje hamulców, w które musi być wyposażony pojazd samochodowy.
2. Podaj warunki określające sprawność układu hamulcowego.
3. Jakie czynności obejmuje wstępne diagnozowanie hydraulicznego układu hamulcowego?
4. Na czym polega zewnętrzne sprawdzenie elementów układu hamulcowego?
5. Jak ocenia się jałowy i rezerwowy skok pedału i dźwigni hamulca?

6. W jaki sposób dokonuje się próby szczelności hydraulicznego obwodu hamulcowego?
7. Jak można sprawdzić działanie urządzenia wspomagającego hamulce?
8. Na czym polega ocena zużycia elementów hamulca bębnowego?
9. W jaki sposób należy oceniać zużycie elementów hamulca tarczowego?
10. Jak ocenić przydatność płynu hamulcowego do dalszej eksploatacji?
11. Jakiego rodzaju przyrządów stosuje się do oceny płynu hamulcowego?
12. Na czym polega sprawdzenie działania świateł hamowania „stop”?

## 7.3

### Diagnostowanie elementów elektronicznego wyposażenia układów hamulcowych

#### 7.3.1

#### Wiadomości wstępne

Najbardziej rozpowszechnionymi zespołami elektronicznego wyposażenia układu hamulcowego są urządzenie przeciwblokujące ABS oraz układ stabilizacji toru jazdy ESP. **Urządzenie przeciwblokujące ABS** przeciwdziała blokowaniu kół podczas intensywnego hamowania, dzięki czemu sprzyja lepszemu wykorzystaniu przyczepności i umożliwia manewrowanie pojazdem podczas hamowania. Natomiast **układ stabilizacji toru jazdy ESP** zapobiega niezamierzonemu obrotowi pojazdu wokół osi pionowej, co minimalizuje momenty działające na pojazd wokół tej osi.

**Podstawowym warunkiem poprawnego działania** urządzenia ABS i układu ESP jest sprawność mechanicznej części układu hamulcowego. Ponadto do spełniania zadań podane elementy wyposażenia elektronicznego muszą otrzymywać informacje z dodatkowych czujników zamontowanych w pojeździe. Najważniejszymi z nich są czujniki prędkości obrotowej poszczególnych kół, czujniki przyspieszeń wzdłużnego i poprzecznego oraz momentu odchylającego, jak również czujnik kąta skrętu kierownicy. Natomiast niezbędnym elementem wykonawczym jest modulator, w którym znajdują się pompa wysokiego ciśnienia, zespół zaworów elektromagnetycznych rozdzielających ciśnienie płynu hamulcowego do hamulców poszczególnych kół oraz (zwykle zintegrowany z nim) sterownik elektroniczny. O nieprawidłowym działaniu części elektronicznej układu hamulcowego kierowcę informują kontrolki diagnostyczne znajdujące się w zestawie wskaźników. Przykładowe kontrolki urządzenia ABS i układu ESP pokazano na rysunku 7.9. Gdy system diagnostyki pokładowej sygnalizuje usterkę, należy podłączyć tester do złącza diagnostycznego i odczytać zarejestrowane kody błędów.



Rys. 7.9

Przykładowe kontrolki diagnostyczne urządzenia ABS i układu ESP

[Źródło: J. Kupiec]

## Sprawdzanie czujników prędkości obrotowej kół

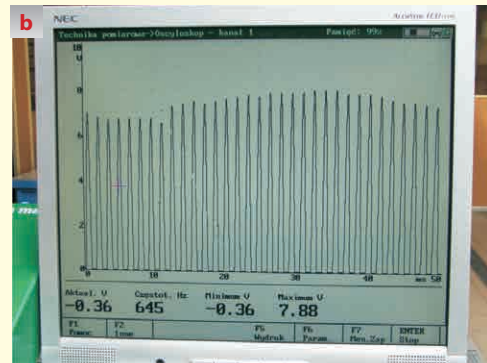
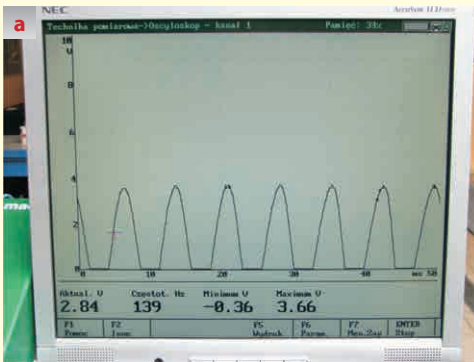
### 7.3.2

Najważniejszymi informacjami wejściowymi, których wymaga sterownik urządzenia ABS, są sygnały z czujników prędkości obrotowej kół. Pomimo występowania różnych rodzajów czujników, ich zasada działania we wszystkich układach ABS na ogół jest taka sama. Zespół pomiarowy prędkości obrotowej składa się z dwóch elementów: wieńca zębatego stanowiącego tarczę impulsową oraz indukcyjnego czujnika prędkości obrotowej (rys. 7.10). Sygnał czujnika indukcyjnego ma postać sinusoidy o częstotliwości i napięciu zależnym od prędkości obrotowej koła. Na rysunku 7.11 przedstawiono przebiegi sygnałów przy małej i dużej prędkości jazdy uzyskane na ekranie oscyloskopu.



**Rys. 7.10**

Przykładowy zespół pomiaru prędkości obrotowej koła z czujnikiem indukcyjnym  
1 – czujnik indukcyjny, 2 – tarcza impulsowa  
[Źródło: J. Kupiec]



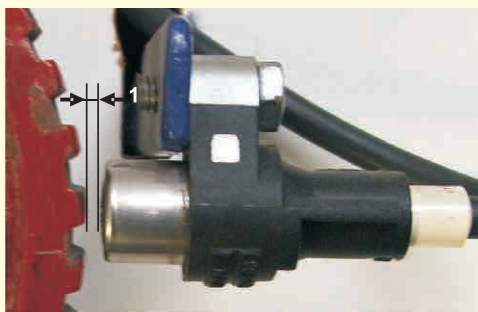
**Rys. 7.11** Przykładowe sygnały indukcyjnego czujnika prędkości obrotowej koła widziane na ekranie oscyloskopu

*a* – mała prędkość obrotowa koła, *b* – duża prędkość obrotowa koła

[Źródło: J. Kupiec]

**Aby sprawdzić działanie czujnika prędkości obrotowej koła,** należy brać pod uwagę cały zespół pomiarowy, czyli wieńiec zębaty i czujnik. Wieńiec powinien mieć równe wszystkie zęby i nie być zanieczyszczony. Diagnostyka czujnika opiera się na pomiarach statycznych (odległości jego czoła od wieńca zębatego oraz rezystancji uzwojenia cewki) oraz dynamicznych (wartości napięcia i jego częstotliwości).

**Pomiar odległości czujnika od wieńca** wykonuje się szczelinomierzem: wkłada się go między wystający ząb wieńca i czoło czujnika (rys. 7.12). Wartość szczeliny musi być zgodna z wymaganiami producenta pojazdu.



**Rys. 7.12**

Sposób pomiaru szczeliny (1) między czujnikiem i wieńcem zębatym  
[Źródło: J. Kupiec]

**Pomiar rezystancji uzwojenia czujnika** wykonuje się po odłączeniu wtyczki od czujnika i podłączeniu omomierza między styki jego gniazda. Odczytana wartość musi mieścić się w zakresie podanym przez producenta pojazdu (zwykle od 800 do 1200  $\Omega$ ).

**Pomiar sygnału napięcia czujnika** wymaga również odłączenia wtyczki od czujnika i podłączenia woltomierza między styki gniazda czujnika. Wartość generowanego napięcia będzie rosła wraz ze zmianą prędkości obrotowej koła. Do przeprowadzenia pomiarów należy obracać kołem badanym, najlepiej je napędzić, wykorzystując silnik pojazdu, jeżeli jest to jedno z kół napędzanych lub użyć rozpędzarki.

**Pomiar częstotliwości** można wykonać za pomocą oscyloskopu (patrz rys. 7.11). Częstotliwość sygnału będzie rosła wraz ze wzrostem prędkości obrotowej koła. Zakłócenia sygnału mogą być spowodowane opiłkami metalu, które w wyniku namagnesowania czujnika przyklejają się do jego czoła. Przerwy w sygnale mogą być spowodowane przerwami w przewodzie czujnika.

### 7.3.3

## Wykorzystanie testera do diagnozowania urządzenia ABS i układu ESP

Poza sprawdzeniem ciągłości obwodów i poprawności działania części mechanicznej układów pozostałe informacje diagnostyczne można uzyskać dopiero po podłączeniu się do sterownika urządzenia ABS i układu ESP. Można to zrealizować z wykorzystaniem **testera podłączonego do gniazda diagnostycznego pojazdu**. Po nawiązaniu komunikacji można odczytać kody błędów zarejestrowanych w pamięci diagnostycznej sterownika oraz sprawdzić wartości parametrów bieżących. Podgląd parametrów wykorzystuje się podczas jazdy próbnej, obserwując i oceniając wyświetlane wartości dotyczące pracy czujników. Najczęściej obserwuje się czujniki prędkości obrotowej kół podczas jazdy na wprost. Wszystkie one powinny wskazywać jednakową prędkość. Natomiast podczas jazdy na zakręcie prędkości poszczególnych kół powinny się różnić. Większość urządzeń ABS i układów ESP po nawiązaniu połączenia z testerem diagnostycznym przestaje działać podczas jazdy, w związku z tym wszelkie testy drogowe należy prowadzić z zachowaniem szczególnej ostrożności.



## Ocena prawidłowości działania urządzenia ABS i układu ESP

### 7.3.4

Gdy ocenia się prawidłowość działania urządzenia ABS i układu ESP, należy pamiętać, że stanowią one połączenie układu elektronicznego z mechanicznym. Zatem oceny ich działania powinno dokonywać się na podstawie niżej opisanych czynności kontrolnych.

#### ■ Sprawdzenie działania kontrolki diagnostycznej

Kontrolka powinna zaświecić się po włączeniu zapłonu i zgasnąć po wykonaniu wszystkich testów diagnostycznych. Czasami kontrolka gaśnie dopiero po wciśnięciu pedału hamulca oraz po przejechaniu samochodem kilku metrów. Układ sprawdza wówczas działanie czujników prędkości obrotowej kół.

#### ■ Sprawdzenie kompletności układu

Polega ono na potwierdzeniu występowania poszczególnych elementów składowych układu, takich jak czujniki z tarczami zębatymi lub magnetycznymi, przewody, modulator itp.

#### ■ Sprawdzenie zarejestrowania kodów błędów w pamięci diagnostycznej sterownika za pomocą testera diagnostycznego

Po nawiązaniu komunikacji ze sterownikiem należy odczytać zawartość jego pamięci diagnostycznej. Jeżeli pojazd jest bezpośrednio po naprawie, należy skasować występujące kody błędów, przeprowadzić jazdę próbną i ponownie odczytać zawartość pamięci diagnostycznej sterownika.

#### ■ Wykonanie jazdy próbnej w celu sprawdzenia poprawnego działania

Do wykonania tego testu potrzebny jest odcinek równej i płaskiej drogi z nawierzchnią o różnych współczynnikach przyczepności pod kołami prawej i lewej strony pojazdu przynajmniej na odcinku 20 m. Może być to odcinek drogi asfaltowej posypanej cienką warstwą piasku wzdłuż prawego pobocza. Na poboczu wzdłuż całego odcinka testowego nie mogą znajdować się żadne stałe przeszkody mogące stwarzać zagrożenie. Należy wykonać dwie próby z zachowaniem ostrożności.

W pierwszym teście na odcinku o jednakowej przyczepności trzeba rozpędzić pojazd do ok. 40 km/h i energicznie wcisnąć pedał hamulca. Gdy zadziała urządzenie ABS, powinny być odczuwalne drgania dochodzące z układu hamulcowego przenoszone czasami na układ kierowniczy. W niektórych rozwiązaniach można wyczuć tzw. kopanie w pedał hamulca. Jest to naturalne zjawisko towarzyszące działaniu urządzenia. Pojazd nie powinien zbaczać z zadanego kierunku ruchu.

Druuga próba dotyczy sprawdzenia utrzymywania kierunku ruchu przy hamowaniu na nawierzchni o różnych współczynnikach przyczepności. Należy rozpędzić samochód do ok. 40 km/h i w chwili najeżdżania na odcinek testowy (pod prawymi kołami asfalt z warstwą piasku, pod lewymi czysty asfalt) energicznie zahamować. Reakcja pojazdu powinna być identyczna jak w poprzedniej próbie. Jeżeli pojazd utrzymuje prostoliniowy tor jazdy, można przyjąć, że urządzenie ABS i układ ESP działają poprawnie.

Działanie układu ESP można sprawdzać w bardziej ekstremalnych warunkach i przy większych prędkościach, jednak ze względów bezpieczeństwa nie należy wykonywać ich na drogach publicznych, lecz na – zamkniętych dla ruchu – torach prób.

## 7.3.5 Ćwiczenie

### Cel ćwiczenia

Sprawdzenie poprawności działania indukcyjnego czujnika prędkości obrotowej koła.

### Używane pomoce dydaktyczne:

- pojazd wyposażony w urządzenie ABS;
- podnośnik warsztatowy;
- oscyloskop lub tester diagnostyczny z funkcją oscyloskopu;
- multimetr;
- szczelinomierz;
- dokumentacja zawierająca dane techniczne i regulacyjne badanego pojazdu.

### Przebieg ćwiczenia

1. Ustawić samochód na stanowisku i zabezpieczyć pojazd przed przemieszczaniem.
2. Zidentyfikować elementy składowe urządzenia ABS.
3. Unieść koło napędowe badanego pojazdu.
4. Zmierzyć odległość czujnika prędkości obrotowej koła od tarczy zębatej.
5. Odłączyć wtyczkę od czujnika prędkości obrotowej koła i do gniazda czujnika podłączyć multimetr, ustawiony na pomiar rezystancji w zakresie 800 do 1200  $\Omega$ . Zmierzyć rezystancję czujnika.
6. Zamiast multimetru do gniazda czujnika prędkości obrotowej koła podłączyć oscyloskop.
7. Uruchomić silnik, włączyć 1. bieg i obserwować zachowanie się sygnału czujnika prędkości obrotowej koła na oscyloskopie (dostosować odpowiednio stałą czasową i zakres napięcia do otrzymywanego sygnału). Zanotować wartość napięcia i częstotliwości oraz charakter sygnału.
8. Zwiększyć prędkość obrotową koła, zmieniając bieg na wyższy, i ponownie zanotować wartości napięcia i częstotliwości oraz charakter sygnału.
9. Unieruchomić silnik i podłączyć czujnik prędkości obrotowej koła do instalacji pojazdu.
10. Podłączyć tester diagnostyczny, odczytać kody błędów (powinny dotyczyć braku komunikacji z badanym czujnikiem) i je skasować.
11. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów ocenić działanie czujnika prędkości, porównując je z danymi producenta pojazdu.

## 7.3.6 Pytania kontrolne i polecenia

1. Jakie są zewnętrzne objawy niesprawności układu ABS?
2. Scharakteryzuj zasadę działania czujnika prędkości obrotowej koła.
3. W jaki sposób wykorzystuje się tester diagnostyczny do badania urządzenia ABS i układu ESP?
4. Na czym polega sprawdzanie poprawności działania urządzenia ABS?

# Diagnozowanie pneumatycznych układów hamulcowych

## 7.4

### Wiadomości wstępne

#### 7.4.1

Najistotniejszymi parametrami diagnostycznymi w pneumatycznych układach hamulcowych są: ciśnienie, szczelność i czas reakcji układu przenoszącego.

Przed przystąpieniem do badań diagnostycznych pneumatycznego układu hamulcowego należy sprawdzić i uzupełnić stan oleju w sprężarce, oczyścić jej filtr powietrza oraz sprawdzić i wyregulować naciąg paska napędu sprężarki. Następnie trzeba odvodnić zbiorniki sprężonego powietrza, spuścić olej z odolejacza, przemyć filtry (regulatora i przewodowe), a w okresie zimowym uzupełnić alkohol w odmrażaczu. Ostatnią czynnością wstępną jest sprawdzenie stanu cięgien, przewodów i łączników układu, a zwłaszcza stanu mechanizmów hamulcowych.

Pojazdy do badań powinny być nieobciążone i stać na twardym, suchym oraz poziomym podłożu. Do złączy kontrolnych układu przenoszącego manometry diagnostyczne należy podłączać przy zerowym ciśnieniu w instalacji pneumatycznej. W razie braku złączy kontrolnych trzeba wykorzystać odpowiednie złącza kontrolne z wyposażenia dodatkowego przyrządów diagnostycznych, które należy zamontować na czas badań w odpowiednich miejscach pneumatycznego układu hamulcowego pojazdu.

### Przyrządy diagnostyczne

#### 7.4.2

Do badania pneumatycznych układów hamulcowych wykorzystuje się przyrządy, które można podzielić na trzy podstawowe grupy opisane poniżej.

- Przyrządy do diagnozowania wstępnego  
Należą do nich ogólnodostępne przyrządy pomiarowe, takie jak np. liniąły, sprawdziany do pomiaru skoku roboczego tłoczyska siłownika i szczelinomierze do oceny luzu w mechanizmach.
- Urządzenia do oceny działania układu hamulcowego w warunkach stacjonarnych  
Urządzenia do pomiaru sił hamowania szczegółowo opisano w rozdziale 7.5. Ze względu na medium wykorzystywane do przenoszenia sił, którym jest powietrze, niezbędnym



Rys. 7.13

Manometr do pomiaru ciśnienia w układach pneumatycznych  
[Źródło: J. Kupiec]

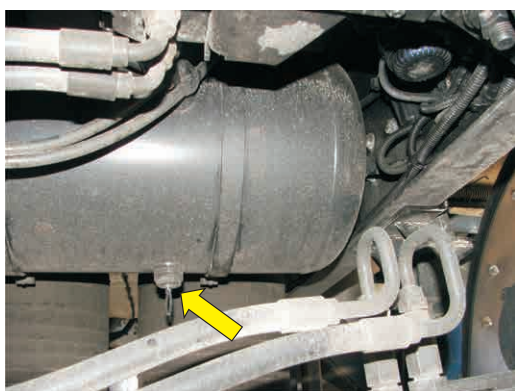
urządzeniem diagnostycznym jest manometr z odpowiednim zestawem złączy. Przykład manometru pomiarowego przedstawiono na rysunku 7.13. Dostępne są również gotowe manometryczne zestawy walizkowe zawierające manometry, przewody elastyczne oraz odpowiednie złączki do podłączenia manometrów w określonych miejscach układu.

- Przyrządy do pomiarów układu hamulcowego w warunkach dynamicznych. Przyrządy te wykorzystuje się podczas prób drogowych. Ich przykładem jest opóźniomierz wykorzystywany do pomiaru opóźnienia hamowania.

### 7.4.3 Sprawdzenie sprężarki i podstawowych układów zabezpieczających

Przed rozpoczęciem badań należy odpowietrzyć zbiorniki powietrza np. przez zawory odwadniające (rys. 7.14). Następnie trzeba podłączyć manometry kontrolne do zbiorników powietrza pierwszego i drugiego obwodu. Kolejnym krokiem jest uruchomienie napędu sprężarki i rozpoczęcie pomiaru czasu napełniania zbiorników. **Obserwacja wskazań manometrów kontrolnych podczas napełniania zbiorników** umożliwia:

- ocenę dokładności wskazań manometrów ciśnienia zamontowanych w pojeździe (przykład wskaźników ciśnienia w układzie hamulcowym pokazano na rysunku 7.15);
- określenie ciśnienia wyłączenia czujników spadku ciśnienia w obwodach hamulca roboczego i postojowego, które sygnalizuje zgaśnięcie lampek kontrolnych na tablicy rozdzielczej pojazdu;
- pomiar ciśnienia zadziałania zaworów przepływowych objawiającego się chwilowym ustaniem przyrostu ciśnienia.



**Rys. 7.14**

Zbiornik powietrza z zaworem odwadniającym  
[Źródło: J. Kupiec]



**Rys. 7.15**

Wskaźniki ciśnienia w obwodach układu hamulcowego zamontowane na tablicy rozdzielczej pojazdu  
[Źródło: J. Kupiec]

**Pomiar czasu napełnienia zbiorników** kończy się, gdy zadziała regulator ciśnienia. Należy zanotować wartość ciśnienia wyłączenia. Do wykonania pomiaru ciśnienia włączenia regulatora trzeba obniżyć ciśnienie w układzie przez kilkukrotne wciśnięcie pedału hamulca. Zanotować wartość ciśnienia włączenia. Otrzymane wyniki należy porównać z danymi producenta. Przykładowe wartości ciśnień stosowane w krajowych pojazdach przedstawiono w tabelicy 7-2.

**Tabl. 7-2** Wartości ciśnienia w pneumatycznych układach hamulcowych pojazdów krajowych

| Rodzaj układu | Rodzaj pojazdu     | Ciśnienie [MPa] |              |           |
|---------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
|               |                    | nominalne       | obliczeniowe | zakres    |
| Dwuprzewodowy | Pojazd i przyczepa | 0,7             | 0,6          | 0,62–0,75 |
| Kombinowany   | Pojazd samochodowy | 0,7             | 0,6          | 0,62–0,75 |
|               | Przyczepa          | 0,5             | 0,45         | 0,48–0,53 |

Wartości ciśnienia na przewodach przyczepy powinny wynosić 0,6 do 0,8 MPa dla przewodu zasilającego oraz 0,6 do 0,75 MPa dla przewodu sterującego.

Czas napełniania zbiorników przy prędkości obrotowej maksymalnej mocy lub prędkości ograniczonej regulatorem zestawiono w tabelicy 7-3.

**Tabl. 7-3** Dopuszczalny czas napełniania zbiornika powietrza

| Ciśnienia  | Pojazd nieprzystosowany do ciągnięcia przyczepy | Pojazd przystosowany do ciągnięcia przyczepy z podłączonym zbiornikiem zastępczym |
|--|---|---|
| Przy wyłączonych zbiornikach dodatkowych   |   |   |
| Od 0 do 65% ciśnienia obliczeniowego   | 180 s   | 360 s   |
| Od 0 do ciśnienia obliczeniowego   | 360 s   | 540 s   |
| Gdy łączna pojemność zbiorników dodatkowych przekracza 20% pojemności zbiorników |   |   |
| Od 0 do ciśnienia obliczeniowego   | 480 s   | 660 s   |

Pojemność zbiornika zastępczego podłączanego do złącza zasilającego przyczepy podczas pomiaru można obliczyć wg zależności

$$V = 0,2 \frac{R}{p} \tag{7.1}$$

gdzie:

- V – pojemność zbiornika zastępczego [cm<sup>3</sup>],
- R – dopuszczalne obciążenie osi przyczepy [kN],
- p – maksymalne ciśnienie zasilania przyczepy [MPa].

## 7.4.4 Sprawdzenie szczelności układu przenoszącego

**Sprawdzenie szczelności układu przenoszącego** wykonuje się w celu wykrycia ewentualnych nieszczelności w instalacji pneumatycznej. Próbę należy prowadzić w temperaturze otoczenia 20°C i rozpocząć od zanotowania ciśnienia z manometrów kontrolnych przy wyłączonej sprężarce i nominalnym ciśnieniu w instalacji. Po upływie 10 minut na podstawie odczytu z manometrów trzeba określić spadek ciśnienia w obu obwodach. Dopuszczalna wartość spadku ciśnienia wynosi 15 kPa, czyli około 2% wartości początkowej. Następnie należy wcisnąć pedał hamulca tak, aby uzyskać częściowe zahamowanie i obserwować manometry. W ciągu 3 minut spadek ciśnienia nie powinien przekroczyć 50 kPa przy ciśnieniu 300 kPa w siłownikach hamulcowych. Podczas próby należy osłuchać poszczególne elementy instalacji, w poszukiwaniu miejsc wypływu powietrza do atmosfery. Wydostawanie się powietrza przez dowolny element świadczy o jego uszkodzeniu. W wykrywaniu nieszczelności, zwłaszcza połączeń przewodów, pomocny może być roztwór mydlany, którym należy powlec (za pomocą pędzla) kontrolowane złącza. W miejscach wydostawania się powietrza utworzą się dobrze widoczne bańki mydlane.

## 7.4.5 Sprawdzenie dwuobwodowego zaworu zabezpieczającego

**Dwuobwodowy zawór zabezpieczający** chroni jeden z obwodów instalacji przed utratą ciśnienia, gdy uszkodzeniu ulegnie drugi z nich. Sprawdzenie tego zaworu wymaga zasymulowania awarii jednego z obwodów polegającej na jego rozszczelnieniu.

**Podczas sprawdzania dwuobwodowego zaworu zabezpieczającego należy:**

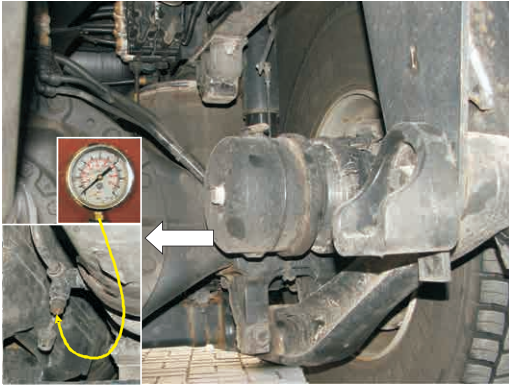
- uruchomić sprężarkę i po osiągnięciu maksymalnej wartości ciśnienia ją wyłączyć;
- rozszczelnić pierwszy obwód, np. przez naciśnięcie zaworu złącza kontrolnego – ciśnienie w drugim obwodzie nie powinno się zmienić;
- przy stałe otwartym pierwszym obwodzie obniżyć ciśnienie w drugim obwodzie do wartości ciśnienia zabezpieczanego, np. przez kilkukrotne naciśnięcie pedału hamulca;
- uszczelnić pierwszy obwód i uzupełnić ciśnienie w układzie;
- powtórzyć poprzednio opisane czynności dla drugiego obwodu.

## 7.4.6 Sprawdzenie obwodu hamulca postojowego i awaryjnego

**W celu sprawdzenia obwodu hamulca postojowego** do złącza kontrolnego przy siłowniku membranowo-sprężynowym osi tylnej trzeba podłączyć jeden z manometrów kontrolnych (rys. 7.16). Drugi manometr kontrolny powinien być zamontowany przy zbiorniku powietrza. Następnie należy obniżyć ciśnienie w zbiorniku hamulca postojowego przez otwarcie zaworu odwadniającego do chwili zaświecenia się lampki kontrolnej. Zanotować wartość ciśnienia luzowania siłownika sprężynowego i porównać je z danymi producenta. Uzupełnić ciśnienie w układzie.

**Podczas płynnego przesuwania dźwigni hamulca awaryjnego** zmiana ciśnienia na manometrze kontrolnym powinna odbywać się również w sposób płynny od wartości 0 w pozycji pełnego zahamowania do wartości maksymalnej przy odhamowaniu.



**Rys. 7.16**

Podłączenie manometru do złącza siłownika membranowo-sprężynowego osi tylnej

[Źródło: J. Kupiec]

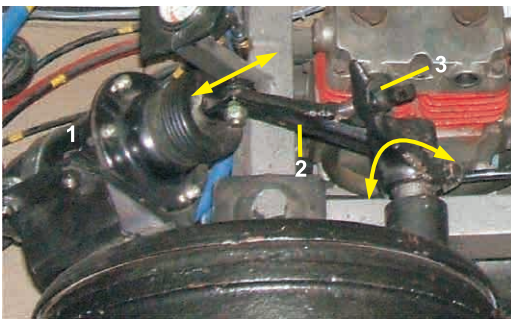
## Sprawdzanie mechanizmów hamulcowych

### 7.4.7

W mechanizmach hamulcowych bardzo istotnymi parametrami diagnostycznymi są: luz między szczęką i bębniem hamulcowym oraz skok roboczy tłoczek siłowników membranowych.

**Skok roboczy siłownika membranowego** powinien być tak wyregulowany, aby pełne zahamowanie zostało zrealizowane na 1/3 długości skoku całkowitego. Skok roboczy można zmierzyć przymiarem liniowym lub kątomierzem.

Przykładowe rozwiązanie połączenia dźwigniowego siłownika membranowego wraz z układem ręcznej regulacji pokazano na rysunku 7.17. Gdy skok roboczy tłoczek siłowników osiągnie 2/3 skoku całkowitego, pojazd należy wycofać z eksploatacji. Zwiększenie skoku roboczego w siłownikach membranowych jest niebezpieczne ze względu na to, że po przekroczeniu pewnej wartości tego skoku gwałtownie zmniejsza się siła na tłoczku. Zjawisko to może być przyczyną dużych spadków ciśnienia powietrza w zbiornikach pojazdu po każdorazowym zahamowaniu. Również czas reakcji układu ulegnie wydłużeniu ze względu na konieczność napełnienia podczas hamowania dużych komór siłowników membranowych. Współczesne mechanizmy hamulcowe są wyposażone w urządzenia automatycznej regulacji luzu umożliwiające wykorzystanie optymalnego zakresu pracy siłowników.

**Rys. 7.17**

Sposób pomiaru przemieszczenia mechanizmu siłownika membranowego

1 – siłownik membranowy, 2 – dźwignia, 3 – urządzenie ręcznej regulacji luzu

[Źródło: J. Kupiec]

## 7.4.8 Ćwiczenie

### Cel ćwiczenia

Ocena prawidłowości działania sprężarki zasilającej układ hamulców pneumatycznych.

### Używane pomoce dydaktyczne:

- pojazd wyposażony w hamulce sterowane pneumatycznie;
- stoper.

### Przebieg ćwiczenia

1. Ustawić pojazd na stanowisku i zabezpieczyć go przed przemieszczeniem.
2. Odpowietrzyć zbiorniki powietrza np. przez zawory odwadniające (patrz rys. 7.14).
3. Podłączyć manometry kontrolne do zbiorników pierwszego i drugiego obwodu lub skorzystać z manometrów na tablicy rozdzielczej pojazdu.
4. Uruchomić napęd sprężarki i rozpocząć pomiar czasu napełniania zbiorników.
5. Na podstawie wskazań manometrów określić:
  - ciśnienia wyłączenia czujników spadku ciśnienia w obwodach hamulca roboczego i postojowego (sygnalizowane zgaśnięciem lampek kontrolnych na tablicy rozdzielczej pojazdu);
  - ciśnienie zadziałania zaworów przepływowych objawiające się chwilowym ustaniem przyrostu ciśnienia;
  - czas napełnienia zbiorników, a gdy zadziała regulator ciśnienia, należy zanotować wartość ciśnienia wyłączenia.
6. Zmierzyć ciśnienie włączenia regulatora, obniżając ciśnienie w układzie przez kilkukrotne naciśnięcie na pedał hamulca. Zanotować wartość ciśnienia włączenia.
7. Otrzymane wyniki porównać z danymi producenta pojazdu. Przykładowe wartości ciśnień stosowane w krajowych pojazdach przedstawiono w tablicy 7-2 (patrz p. 7.4.3).

## 7.4.9 Pytania kontrolne i polecenia

1. Jakie czynności wstępne należy wykonać przed przystąpieniem do sprawdzania pneumatycznego układu hamulcowego?
2. Scharakteryzuj rodzaje przyrządów wykorzystywane do sprawdzania pneumatycznych układów hamulcowych.
3. Co umożliwia obserwacja wskazań manometrów kontrolnych podczas napełniania zbiorników?
4. W jaki sposób należy sprawdzać dwuobwodowy zawór zabezpieczający?
5. Scharakteryzuj kryteria oceny poprawności działania układu przenoszącego.



# Sprawdzanie skuteczności i równomierności hamowania

7.5

## Warunki wstępne pomiarów

7.5.1

Sposób sprawdzania skuteczności i równomierności hamowania pojazdów samochodowych określono w rozporządzeniu w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów.

**Przed przystąpieniem do pomiarów** należy wyregulować ciśnienie w ogumieniu do wartości nominalnej określonej przez producenta pojazdu z dokładnością do  $\pm 0,01$  MPa dla motocykla, motoroweru i samochodu osobowego albo  $\pm 0,02$  MPa dla pozostałych pojazdów.

Hamowanie powinno odbywać się tylko hamulcem badanym, przy czym sprzęgło może być włączone, a w pojazdach wyposażonych w mechanizm wspomagający silnik może być uruchomiony.

**Pomiar siły hamowania** powinien odbywać się na granicy blokowania dowolnego koła, przy czym nacisk na pedał lub dźwignię hamulca podczas badania nie może przekraczać wartości podanych w tabelicy 7-4.

**Tabl. 7-4** Dopuszczalne wartości nacisku na układ uruchamiający hamulec

| Rodzaj pojazdu       | Hamulec roboczy [daN] |        | Hamulec awaryjny [daN] |        | Hamulec postojowy [daN] |        |
|----------------------|-----------------------|--------|------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                      | nożny                 | ręczny | nożny                  | ręczny | nożny                   | ręczny |
| Motocykl i motorower | 40                    | 40     | –                      | –      | –                       | –      |
| Samochód osobowy     | 50                    | 20     | 50                     | 40     | 50                      | 40     |
| Ciągniki             | 60                    | 40     | 60                     | 40     | 60                      | 40     |
| Pozostałe            | 70                    | 20     | 70                     | 60     | 70                      | 60     |

Pomiar siły hamowania w odniesieniu do hamulca roboczego powinien odbywać się równocześnie dla kół jednej osi z wyjątkiem badania układów napędowych  $4 \times 4$ , dla których podczas badania koła jednej osi obracają się w przeciwnych kierunkach, a pomiaru dokonuje się dla koła obracającego się do przodu. W przypadku badania hamulca awaryjnego i postojowego na stanowisku rolkowym pomiar siły hamowania należy wykonywać oddzielnie dla każdego koła przy włączonym tylko jednym zestawie rolek.

Podczas pomiaru sił hamowania na każdej osi powinien być również zmierzony nacisk na pedał, dźwignię hamulca lub urządzenie sterujące przyczepy albo zmierzone ciśnienie w siłownikach pneumatycznego układu hamulcowego.

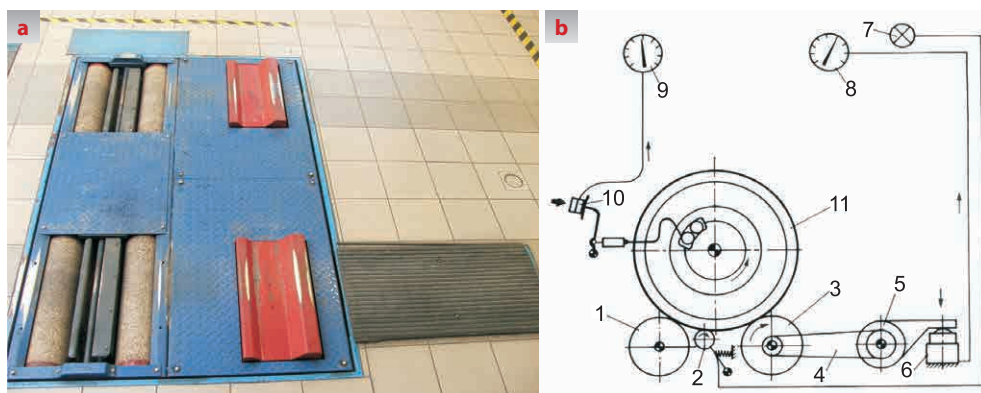
Zaleca się, aby podczas pomiarów sił hamowania pojazd był obciążony. W przypadku badania pojazdu bez obciążenia należy ściśle przestrzegać wytycznych opisanych w podrozdziale 7.5.5.

**Pomiar skuteczności działania elektrycznego hamulca postojowego (EPB)** powinien umożliwić zmierzenie maksymalnej siły hamowania uzyskanej podczas pracy tego układu.

## 7.5.2 Pomiar sił hamowania na stanowisku rolkowym metodą quasi-statyczną

Najbardziej rozpowszechnionym sposobem sprawdzania sił hamowania jest ich **pomiar na stanowisku rolkowym**. Metoda ta jest szeroko stosowana w badaniach technicznych pojazdów, ponieważ zapewnia powtarzalność wyników, niezależność od warunków atmosferycznych oraz krótki czas pomiaru. Jej jedyną wadą polega na nieuwzględnianiu zjawisk dynamicznych występujących podczas hamowania.

Niezależnie od producenta budowa i zasada działania urządzenia rolkowego jest podobna. Podstawowym elementem tego urządzenia są dwie pary rolek napędowych, na które najeżdża się osiami badanego samochodu. Powierzchnia rolek jest pokryta specjalną powłoką przeciwpoślizgową, aby zapewnić właściwy współczynnik przyczepności między rolkami i kołami pojazdu. Każda para rolek napędza osobno jedno koło osi pojazdu. Przykładowy schemat stanowiska rolkowego przedstawiono na rysunku 7.18. Koła pojazdu podczas badania poruszają się z małą prędkością od 2,5 do 6 km/h. Napęd każdego zespołu rolek odbywa się za pomocą silnika elektrycznego. Silnik ten jest zamocowany wahliwie względem stanowiska i wyposażony w ramię reakcyjne działające na hydrauliczny lub elektryczny układ pomiaru siły.



**Rys. 7.18** Stanowisko rolkowe do pomiaru sił hamowania

*a* – widok, *b* – schemat

1 – rolka pomocnicza, 2 – rolka sygnalizująca blokadę badanego koła, 3 – rolka napędowa, 4 – łańcuch, 5 – silnik elektryczny z reduktorem, 6 – siłomierz hydrauliczny, 7 – lampka sygnalizująca blokadę, 8 – wskaźnik manometryczny, 9 – wskaźnik siły nacisku na pedał hamulca, 10 – czujnik przyrządu do pomiaru siły nacisku na pedał hamulca, 11 – badane koło  
[Źródło: J. Kupiec]

Podczas hamowania na stanowisku rolkowym na styku opony i rolki powstaje siła hamowania, która wywołuje moment reakcyjny w ramieniu reakcyjnym silnika. Siła oddziaływania ramienia jest mierzona, rejestrowana i wyświetlana jako wartość siły hamowania. Zadaniem trzeciej rolki występującej w układzie pomiarowym jest wykrycie określonego poślizgu koła, zasygnalizowanie jego wystąpienia oraz wyłączenie napędu rolek. Ze względu na wymóg rejestrowania wartości siły nacisku na pedał lub dźwignię hamulca urządzenia rolkowe są wyposażone w miernik z czujnikiem tensometrycznym (rys. 7.19) lub czujnik ciśnienia w pneumatycznym układzie hamulcowym.



**Rys. 7.19**

Miernik nacisku na pedał hamulca wraz z pilotem do sterowania linią diagnostyczną  
[Źródło: J. Kupiec]

W celu pomiaru sił hamowania wytwarzanych przez hamulec roboczy na stanowisku rolkowym należy wykonać następujące czynności:

- wyregulować ciśnienie w ogumieniu, z zachowaniem wymaganej dokładności (patrz p. 7.5.1);
- zamontować czujnik siły nacisku na pedale hamulca (rys. 7.20);
- najechać kołami osi przedniej na stanowisko w taki sposób, aby podłużna oś symetrii pojazdu pokrywała się z osią symetrii stanowiska;
- uruchomić napęd obu zespołów rolek;
- sprawdzić wskazania oporów swobodnie obracających się kół (wartości przekraczające 2–3% obciążenia pionowego kół nienapędzanych albo 5% obciążenia pionowego kół napędzanych uznaje się za nadmierne);
- powoli wywierać nacisk na pedał hamulca tak, aby uzyskać wymaganą minimalną wartość siły hamowania do przeprowadzenia badania owalizacji;
- zwiększać nacisk na pedał hamulca w taki sposób, aby nie przekroczyć dopuszczalnej wartości 500 N i jednocześnie obserwować wskazania sił hamowania na kołach; większość urządzeń automatycznie wyłącza się po osiągnięciu maksymalnej wartości siły nacisku lub zablokowaniu kół oraz rejestruje wartości maksymalnych sił hamowania;
- uzyskane wyniki porównać z wartościami wymaganymi.

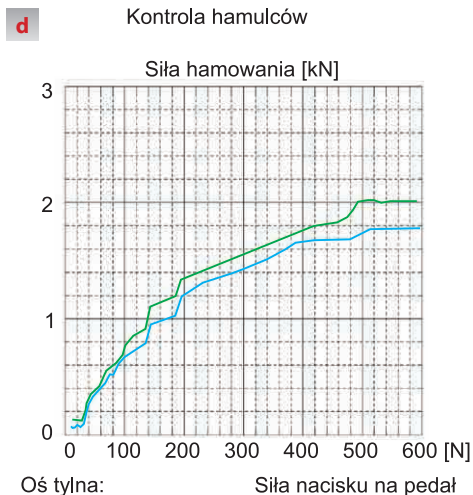
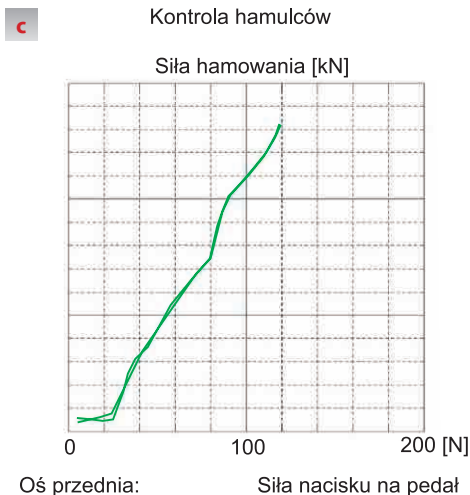
W podobny sposób postępuje się podczas sprawdzania sił hamowania kolejnych osi pojazdu wytwarzanych przez hamulec roboczy.

**Podczas badania hamulca awaryjnego** siłę hamowania sprawdza się osobno dla każdego koła przy włączonym tylko jednym zestawie rolek, a wartość siły wywieranej na dźwignię hamulca nie może przekroczyć 400 N.

Przykładowe wyniki badania hamulców uzyskane na urządzeniu rolkowym przedstawiono na rysunku 7.21.

**Rys. 7.20**

Sposób zamontowania czujnika siły nacisku na pedale hamulca  
[Źródło: J. Kupiec]



**Rys. 7.21** Przykładowe wyniki badania układu hamulcowego na urządzeniu rolkowym  
*a* – widok ekranu pomiarowego podczas badania osi przedniej, *b* – widok ekranu pomiarowego podczas badania osi tylnej, *c* – przebieg zmian wartości siły hamowania w funkcji siły nacisku na pedał hamulca dla osi przedniej, *d* – przebieg zmian wartości siły hamowania w funkcji siły nacisku na pedał hamulca dla osi tylnej  
[Źródło: J. Kupiec]

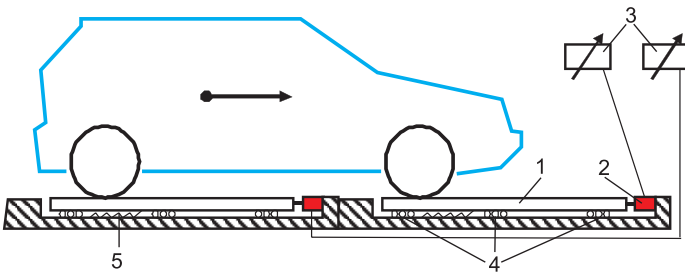
Podczas badania układu hamulcowego pojazdów z napędem 4×4 należy stosować specjalny tryb pracy urządzenia. Badanie prowadzi się w taki sposób, że koła jednej osi obracają się w przeciwnych kierunkach, a siła hamowania jest mierzona dla koła obracającego się do przodu. Po zmianie kierunku obrotów dokonuje się pomiaru dla drugiego koła.

## Pomiar sił hamowania na stanowisku płytowym metodą dynamiczną

7.5.3

Płytowe stanowisko do badania sił w układzie hamulcowym metodą dynamiczną jest zbudowane z dwóch lub czterech płyt najazdowych oraz układu pomiarowego. Schemat stanowiska pokazano na rysunku 7.22.

**Pomiar sił hamowania** odbywa się jednocześnie na wszystkich kołach pojazdu. Prędkość najazdu na płyty stanowiska powinna wynosić 5–15 km/h. Pod wpływem sił bezwładności i sił tarcia występujących między każdym kołem pojazdu i płytą zostaje ona przesunięta. Wartość tego przesunięcia jest proporcjonalna do działającej siły hamowania. Przesunięcie płyty mierzy się najczęściej za pomocą układów tensometrycznych i rejestruje przez odpowiednie oprogramowanie.



**Rys. 7.22** Schemat płytowego stanowiska do badania sił w układzie hamulcowym  
1 – płyta najazdowa, 2 – czujnik siły, 3 – zespół wskaźników, 4 – bieżnie rolkowe, 5 – sprężyny śrubowe  
[Źródło: J. Kupiec]

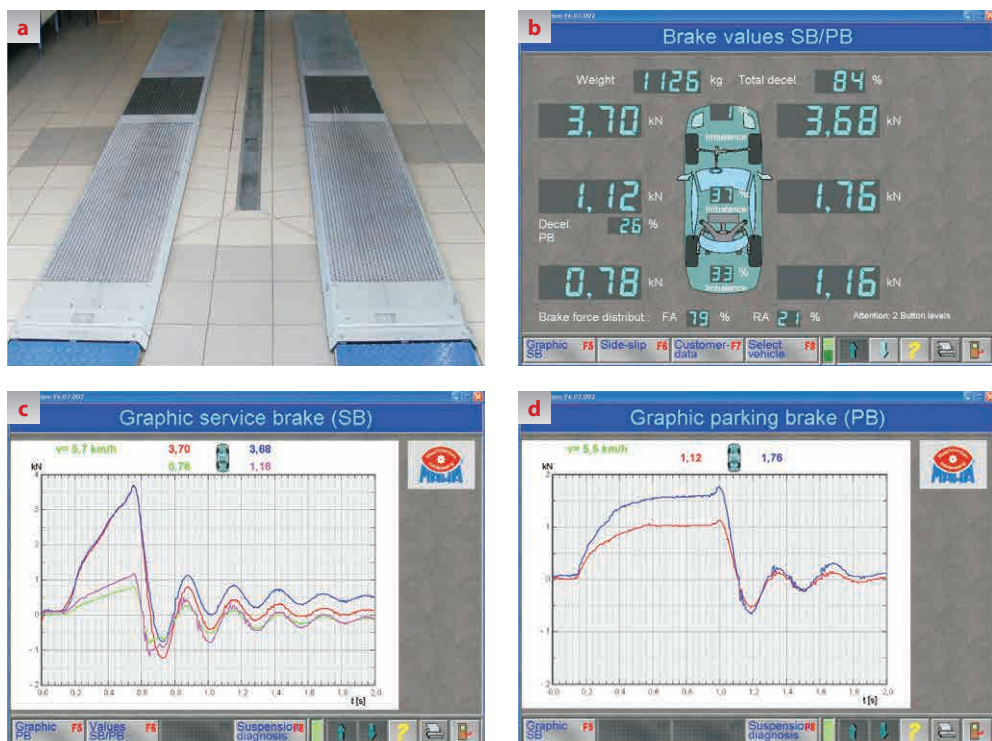
W celu określenia sił hamowania dla hamulców roboczego i awaryjnego należy wykonać dwa najazdy. Przykładowe wyniki pomiarów wykonane na stanowisku płytowym zamieszczono na rysunku 7.23.

Stanowisko płytowe charakteryzują następujące zalety:

- możliwość uzyskania informacji o działaniu korektora siły hamowania niezależnie od jego konstrukcji dzięki jednoczesnemu pomiarowi sił na wszystkich kołach;
- możliwość badania pojazdów o dowolnym rozwiązaniu napędu 4 × 4;
- krótki czas badania wynoszący ok. 1 min;
- możliwość uzyskania informacji o sprawności zawieszenia.

Tę ostatnią zaletę można wykorzystać do zgrubnej oceny stanu zawieszenia. Dokonuje się jej na podstawie zaniku zarejestrowanych ruchów płyt najazdowych po zakończeniu hamowania. Musi być jednak spełniony jeden warunek – pedał hamulca powinien pozostać wciśnięty do zakończenia pomiarów, a nie tylko do zatrzymania się pojazdu.

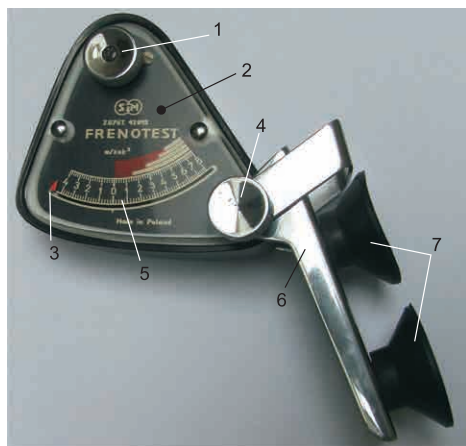




**Rys. 7.23** Wyniki badań uzyskane na stanowisku płytowym do badania hamulców *a* – widok stanowiska, *b* – widok głównego ekranu po wykonaniu pomiarów, *c* – przebieg sił hamowania dla hamulca roboczego, *d* – przebieg sił hamowania dla hamulca awaryjnego [Źródło: J. Kupiec]

## 7.5.4 Pomiar opóźnienia hamowania

Działanie urządzenia do pomiaru opóźnienia hamowania opiera się na pomiarze wartości opóźnienia działającego na pojazd podczas hamowania. Mogą to być opóźniomierze mechaniczne (rys. 7.24) lub elektroniczne (rys. 7.25).



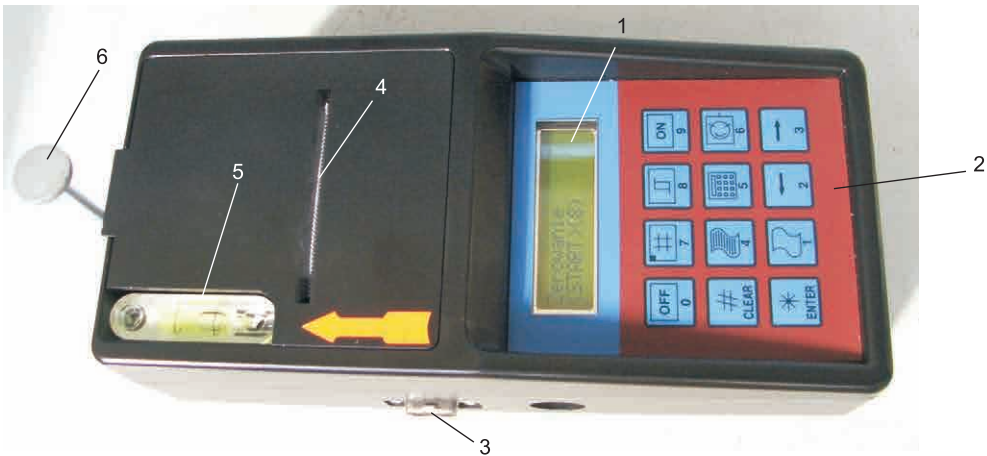
**Rys. 7.24**

Opóźniomierz mechaniczny bezwładnościowy

1 – pokrętło wskaźnika maksymalnego opóźnienia, 2 – wskazówka wartości opóźnienia, 3 – wskazówka wahliwa, 4 – śruba zaciskająca uchwyt w wybranym położeniu, 5 – skala opóźnienia, 6 – uchwyt, 7 – przyssawki mocujące urządzenie do przedniej szyby

[Źródło: J. Kupiec]

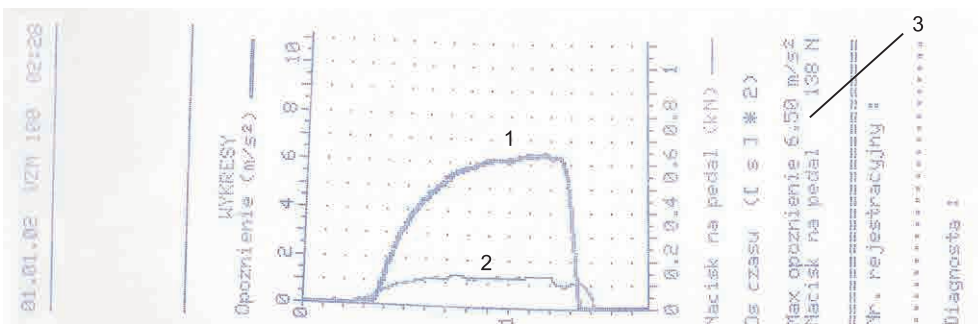




**Rys. 7.25** Opóźnieniomierz z cyfrowym wyświetlaczem i drukarką  
 1 – wyświetlacz, 2 – klawiatura z wyborem programu badania, 3 – gniazdo podłączenia czujnika siły nacisku na pedał hamulca, 4 – drukarka, 5 – poziomica do prawidłowego ustawienia urządzenia, 6 – pokrętko do poziomowania układu pomiarowego  
 [Źródło: J. Kupiec]

**Przed rozpoczęciem pomiarów** opóźnieniomierz należy ustawić i zamocować zgodnie z wymaganiami producenta tego urządzenia (w kierunku ruchu pojazdu) oraz go wy poziomować. Natomiast na pedał hamulca trzeba zamontować czujnik siły nacisku.

**Pomiary powinny być wykonane** na poziomym, twardym, suchym i czystym odcinku drogi. Odcinek testowy powinien być tak dobrany, aby podczas prób nie stwarzać zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, a podczas próby należy zachować szczególną ostrożność. Pojazd powinien być równomiernie obciążony masą równą jego dopuszczalnej ładowności. Podczas badania samochodów osobowych i motocykli dopuszcza się ich obciążenie tylko kierowcą. Kierujący pojazdem powinien hamować tylko badanym hamulcem, a sprzęgło może być włączone. Pomiary należy rozpoczynać od prędkości 30 km/h, a gdy pojazd nie osiąga takiej prędkości, od jego prędkości maksymalnej. Hamowanie



**Rys. 7.26** Przykładowy wydruk uzyskany podczas badania hamulca roboczego opóźnieniomierzem elektronicznym  
 1 – przebieg opóźnienia hamowania, 2 – przebieg siły nacisku na pedał hamulca, 3 – zarejestrowane maksymalne wartości opóźnienia hamowania i nacisku na pedał hamulca  
 [Źródło: J. Kupiec]

można zakończyć przed całkowitym zatrzymaniem pojazdu, ponieważ ocenia się maksymalną wartość opóźnienia hamowania uzyskaną podczas pomiarów. Przykładowe wyniki uzyskane podczas badania hamulca roboczego pojazdu przedstawiono na rysunku 7.26.

## 7.5.5 Ocena wyników pomiarów

**Skuteczność działania układu hamulcowego** ocenia się na podstawie następujących parametrów:

- sił hamowania rozwijanych na poszczególnych kołach;
- siły nacisku na układ uruchamiający hamulce lub wartości ciśnienia powietrza w siłownikach hamulcowych;
- opóźnienia hamowania;
- zmiany położenia osi kierunku ruchu pojazdu podczas hamowania.

**Skuteczność hamowania należy uznać za odpowiadającą wymaganiom**, gdy:

- wskaźnik skuteczności hamowania zmierzony (lub obliczony) na podstawie pomiaru sił hamowania lub opóźnienia hamowania ma wartość nie mniejszą niż wartość minimalna podana w tablicy 7-5;
- zmierzona (lub obliczona) siła hamowania ma wartość nie mniejszą niż wartość określona na podstawie danych technicznych pojazdu i wymaganego wskaźnika skuteczności hamowania;
- zmierzone wartości sił hamowania kół obu stron jednej osi pojazdu uzyskane za pomocą hamulca roboczego nie różnią się więcej niż o 30% (przyjmując za 100% siłę większą);
- zmierzone opóźnienie hamowania ma wartość nie mniejszą niż wartość wymagana określona na podstawie wskaźnika skuteczności hamowania oraz zmiana położenia osi kierunku jazdy pojazdu podczas hamowania nie przekroczyła 0,5 m względem kierunku początkowego (przy niekorygowanym kierownicą kierunku jazdy).

**Tabl. 7-4** Wybrane wartości wskaźników skuteczności hamowania

| Pojazd  | Wartość wskaźnika [%] dla pojazdu zarejestrowanego po raz pierwszy |               |                             |                             |               |
|---|--|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
|   | Rodzaj hamulca użytego do hamowania                                | do 31.12.1993 | od 01.01.1994 do 31.12.1998 | od 01.01.1999 do 27.07.2010 | od 28.07.2010 |
| Motocykl  | koła tylnego   | 33            | 33                          | 33                          | 25            |
|   | obu kół  | 45            | 45                          | 45                          | 50            |
| Samochód osobowy  | roboczy  | 50            | 50                          | 50                          | 58            |
|   | awaryjny   | 23            | 25                          | 25                          | 29            |
| Samochód ciężarowy o dopuszczalnej masie całkowitej przekraczającej 3,5 t | roboczy  | 40            | 40                          | 43                          | 50            |
|   | awaryjny   | 17            | 20                          | 22                          | 25            |
| Wszystkie rodzaje pojazdów  | postojowy  | 16            | 16                          | 16                          | 16            |
| Zespół pojazdów   | postojowy  | 8             | 8                           | 8                           | 12            |

Wskaźnik skuteczności hamowania  $z$  [%] dla badanego rodzaju hamulca, określony na podstawie zmierzonej siły hamowania, oblicza się na podstawie zależności

$$z = \frac{\sum T}{P} 100 \text{ [%]} \quad (7.2)$$

gdzie:

$\sum T$  – siła hamowania [kN] uzyskana ze wszystkich kół dla danego rodzaju hamulca (robocznego, awaryjnego lub postojowego),

$P$  – siła ciężkości (nacisk) wynikająca z dopuszczalnej masy całkowitej badanego pojazdu [kN]: przyjmuje się do obliczeń 1 kN jako siłę ciężkości odpowiadającą 100 kg masy (dla pojazdów członowych dopuszcza się przyjmowanie do obliczeń dopuszczalnego nacisku danej osi).

Dopuszczalną masę całkowitą pojazdu przyjmuje się na podstawie danych zawartych w dowodzie rejestracyjnym, tabliczce znamionowej albo innych wiarygodnych danych technicznych pojazdu lub oblicza się, sumując masę własną i dopuszczalną ładowność pojazdu (dla ciągników siodłowych dopuszczalną ładownością jest dopuszczalny nacisk na siodło ciągnika).

Jeżeli zmierzona siła hamowania hamulca robocznego lub wskaźnik skuteczności hamowania na tej podstawie obliczony nie osiągają wymaganej wartości, należy ustalić obliczeniową maksymalną wartość siły hamowania (lub obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania): pomnożyć zmierzone siły hamowania poszczególnych kół przez stosunek maksymalnego dopuszczalnego nacisku na pedał (dźwignię) hamulca do nacisku wywieranego w czasie pomiaru lub przez stosunek ciśnienia obliczeniowego w układzie hamulcowym do ciśnienia w siłownikach hamulcowych, zmierzonego w czasie pomiaru, na tej osi, według wzorów

$$T_{\min} = P z_{\min} \quad (7.3)$$

$$T^* = \sum \left[ T \frac{P_d}{P_z} \right]_i \quad (7.4)$$

$$z^* = \frac{T^*}{P} 100 \text{ [%]} \quad (7.5)$$

gdzie:

$T_{\min}$  – minimalna wymagana siła hamulca robocznego [kN],

$P$  – siła ciężkości (nacisk) wynikająca z dopuszczalnej masy całkowitej badanego pojazdu [kN]: przyjmuje się do obliczeń 1 kN jako siłę ciężkości odpowiadającą 100 kg masy (dla pojazdów członowych dopuszcza się przyjmowanie do obliczeń dopuszczalnego nacisku danej osi),

$z_{\min}$  – wymagany wskaźnik skuteczności hamowania [%],

$T^*$  – obliczeniowa siła hamowania hamulca robocznego [kN],

$z^*$  – obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania [%],

$T$  – siła hamowania uzyskana ze wszystkich kół danej osi [kN],

$i$  – kolejna badana oś pojazdu,

$P_z$  – zmierzony nacisk na pedał (dźwignię) hamulca robocznego [daN] lub zmierzone ciśnienie w siłownikach [MPa],

$P_d$  – dopuszczalny nacisk na pedał (dźwignię) hamulca roboczego według tablicy 7-4. dla danego rodzaju pojazdu [daN] lub ciśnienie obliczeniowe (dolne regulowane lub określone przez producenta pojazdu) pneumatycznego układu hamulcowego [MPa].

Uzyskaną obliczeniową siłę hamowania lub obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania należy ponownie porównać z wartością wymaganą dla danego rodzaju pojazdu.

**Wskaźnik skuteczności hamowania  $z$  [%] dla badanego rodzaju hamulca określony na podstawie zmierzonego opóźnienia hamowania** oblicza się według zależności

$$z = \frac{b}{g} 100 [\%] \quad (7.6)$$

gdzie:

$b$  – zmierzone opóźnienie hamowania [ $m/s^2$ ],

$g$  – przyspieszenie ziemskie (do obliczeń należy przyjmować  $10 m/s^2$ ).

Układ hamulcowy można uznać za sprawny, gdy jest spełniony warunek

$$b \geq b_{\min} \quad (7.7)$$

lub

$$z \geq z_{\min} \quad (7.8)$$

gdzie:

$b_{\min}$  – minimalne wymagane opóźnienie hamowania,

$z_{\min}$  – minimalny wymagany wskaźnik skuteczności hamowania.

Minimalne wymagane opóźnienie hamowania oblicza się na podstawie wskaźnika skuteczności hamowania: dzieli się go przez 10. Na przykład wskaźnik o wartości 50 oznacza, że wymagane opóźnienie hamowania wynosi co najmniej  $5,0 m/s^2$ .

Jeżeli zmierzona siła hamowania hamulca awaryjnego lub postojowego albo obliczony na tej podstawie wskaźnik skuteczności hamowania nie osiąga wymaganej wartości, lecz w czasie hamowania wszystkie koła hamowane zostały zablokowane, skuteczność hamowania należy uznać za odpowiadającą wymaganiom.

Poza podstawowymi wcześniej wymienionym kryteriami oceny sprawności układu hamulcowego można określić również **kryteria dodatkowe**. Są nimi wskaźnik stabilności siły hamowania ( $S$ ) oraz współczynnik rozdziału siły hamowania między osie ( $m$ ).

**Wskaźnik stabilności siły hamowania  $S$**  uzyskuje się dla każdego koła przy ustalonej sile nacisku na pedał hamulca. Dla małych nacisków na pedał otrzymuje się informację o owalizacji bębna lub odkształceniu tarczy hamulcowej. Można wyznaczyć go z zależności

$$S = \frac{T_{k \max}}{T_{k \min}} \quad (7.9)$$

gdzie:

$T_{k \max}$  – maksymalna siła hamowania przy ustalonej sile nacisku na pedał hamulca,

$T_{k \min}$  – minimalna siła hamowania przy ustalonej sile nacisku na pedał hamulca.

Układ hamulcowy uznaje się za sprawny, gdy wskaźnik stabilności  $S \leq 1,2$  dla każdego z kół i każdej siły nacisku na pedał hamulca.

**Współczynnik rozdziału siły hamowania** między osie powinien być zgodny z wymaganiami konstrukcyjnymi producenta pojazdu. Można go obliczyć za pomocą wzoru

$$m = \frac{T_{Hp}}{T_{Ht}}$$

(7.10)

gdzie:

$T_{Hp}$  – suma sił hamowania kół osi przedniej,

$T_{Ht}$  – suma sił hamowania kół osi tylnej.

Wartości tego współczynnika dla samochodów osobowych wynoszą od 1 do 1,5, a dla samochodów ciężarowych osiągają wartości od 0,8 do 1,2.

## Ćwiczenie

7.5.6

### Cel ćwiczenia

Ocena sprawności układu hamulcowego na podstawie pomiaru sił hamowania.

### Używane pomoce dydaktyczne:

- pojazd samochodowy;
- stanowisko rolkowe do badania układu hamulcowego;
- czujnik siły nacisku na pedał hamulca;
- urządzenie do pompowania kół.

### Przebieg ćwiczenia

1. Wyregulować ciśnienie w ogumieniu, z zachowaniem wymaganej dokładności.
2. Zamontować czujnik siły nacisku na pedale hamulca.
3. Najeżdżać kołami osi przedniej na stanowisko w taki sposób, aby oś podłużna pojazdu pokrywała się z osią symetrii stanowiska.
4. Uruchomić napęd obu zespołów rolek.
5. Obserwować wskazania oporów dla swobodnie obracających się kół.
6. Wykonać pomiar owalizacji, powoli wywierając nacisk na pedał hamulca tak, aby uzyskać wymagana minimalną wartość siły hamowania do przeprowadzenia badania.
7. Wcisnąć pedał hamulca do maksymalnej wartości 500 N lub zablokowania się kół pojazdu.
8. Powtórzyć czynności od 3 do 7 dla hamulców kół osi tylnej.
9. Zamontować czujnik siły nacisku na układ uruchamiający hamulec postojowy i zmierzyć siły na kołach przy maksymalnym nacisku 400 N dla układu uruchamianego ręcznie. Badanie przeprowadzić osobno dla lewego i prawego koła.
10. Uzyskane wyniki porównać z wartościami wymaganymi i na tej podstawie ocenić sprawność układu hamulcowego.

## Pytania kontrolne i polecenia

7.5.7

1. Z jaką dokładnością należy regulować ciśnienie powietrza w kołach przed rozpoczęciem badania układu hamulcowego?

2. Jak jest zbudowane stanowisko rolkowe do badania układu hamulcowego?
3. Jak odbywa się pomiar sił hamowania na stanowisku rolkowym?
4. W jaki sposób mierzy się siły hamowania na stanowisku płytowym?
5. Podaj zależność umożliwiającą obliczenie wskaźnika skuteczności hamowania przy znanych siłach hamowania.
6. Scharakteryzuj dodatkowe kryteria oceny stanu układu hamulcowego.
7. Co to jest wskaźnik stabilności siły hamowania?