

Podręcznik do kształcenia w zawodach
technik pojazdów samochodowych
mechanik pojazdów samochodowych



Marek Gabryelewicz

Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych

1

Budowa, obsługa, diagnostyka i naprawa

Kwalifikacja MG.18

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa

Projekt okładki i wnętrza książki: *Dariusz Litwiniec*

Zdjęcie na okładce: *ZF Friedrichshafen AG*

Redaktor merytoryczny: *mgr inż. Jacek Łęgiiewicz*

Opracowanie językowe: *mgr Barbara Gluch*

Redaktor techniczny: *mgr inż. Ewa Kęsicka*

Korekta: *Zespół*

Jeśli nie zaznaczono inaczej, autorem zdjęć jest *Marek Gabryelewicz*

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. Tomasza Karpowicza, mgr. Jerzego Mormula i mgr. inż. Roberta Wanica.*

Typy szkół: **branżowa szkoła I stopnia i technikum.**

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

Kwalifikacja: **MG.18. Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.**

Rok dopuszczenia: **2018**

629.11.011 (075)

Bogato ilustrowany podręcznik poświęcony podstawom budowy, diagnostowania i naprawy podwozi oraz nadwozi pojazdów samochodowych. Przedstawiono w nim zagadnienia dotyczące klasyfikacji, identyfikacji i podstawowych własności trakcyjnych pojazdów samochodowych, podstaw ich eksploatacji, obsługi i naprawy, budowy, diagnostowania i naprawy układów: przeniesienia napędu, hamulcowego, kierowniczego i jezdnego. Opisano także ramy i nadwozia pojazdów samochodowych, przyczepy i naczepy, motocykle oraz najważniejsze układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Materiał nauczania zilustrowano przykładami nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych oraz schematami blokowymi obrazującymi tok postępowania podczas oceny stanu technicznego i poszukiwania przyczyn niesprawności pojazdu. Na końcu każdego rozdziału zamieszczono ćwiczenia i testy kontrolne (z prawidłowymi odpowiedziami na końcu książki), umożliwiające sprawdzenie stopnia opanowania podanych wiadomości.

ISBN 978-83-206-2001-6

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności spółka z o.o., Warszawa 2018

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 we fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym także 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

tel. 22-849-27-51, fax 22-849-23-22

e-mail wkl@wkl.com.pl

Księgarnia internetowa www.wkl.com.pl

Prowadzimy sprzedaż książek w siedzibie firmy

Wydanie 1. Warszawa 2018

Objętość (cz. 1 i 2) 45 ark. wyd. Nakład 1400 egz.

Skład i łamanie: ALINEA

Druk i oprawa: Drukarnia TREND

e-mail: drukarniatrend@wp.pl

Słowo wstępne	7
1 Klasyfikacja, identyfikacja i własności trakcyjne pojazdów samochodowych	9
1.1 Podstawowe definicje i podział pojazdów samochodowych	9
1.2 Zadania i ogólna budowa układów konstrukcyjnych podwozia	15
1.3 Identyfikacja pojazdów – tabliczki znamionowe i numer VIN	19
1.4 Charakterystyka techniczna pojazdów samochodowych	23
1.5 Własności trakcyjne pojazdów samochodowych	26
1.5.1 Obciążenia statyczne i dynamiczne pojazdu	26
1.5.2 Siły działające na pojazd podczas hamowania	33
1.5.3 Siły działające na pojazd poruszający się po łuku	34
1.6 Sprawdzenie wiadomości	36
2 Podstawy eksploatacji, obsługi i naprawy pojazdów samochodowych	38
2.1 Wymagania eksploatacyjne stawiane pojazdom samochodowym	38
2.2 Ogólne wiadomości o procesie zużywania się pojazdów i ich elementów	42
2.2.1 Rodzaje tarcia	42
2.2.2 Smarowanie elementów współpracujących	43
2.2.3 Rodzaje i przebieg zużywania się części	46
2.3 Czynniki wpływające na stan techniczny i trwałość pojazdu	50
2.4 Obsługa techniczna	51
2.4.1 Cel technicznej obsługi okresowej	52
2.4.2 Podstawowe zasady obowiązujące podczas wykonywania obsługi i napraw pojazdów	54
2.4.3 Zakres czynności obsługowych	57
2.4.4 Zagrożenia dla środowiska związane z obsługą, naprawą i użytkowaniem pojazdu	61
2.5 Badania diagnostyczne	64
2.5.1 Podstawowe pojęcia diagnostyki technicznej	64
2.5.2 Metody rozpoznawania i oceny stanu technicznego pojazdu i jego zespołów	65
2.5.3 Zakres badań diagnostycznych pojazdów	72
2.6 Naprawy zespołów i części pojazdów	73
2.6.1 Mycie pojazdów, ich zespołów i części	74
2.6.2 Demontaż i montaż	75
2.6.3 Narzędzia i przyrządy stosowane podczas demontażu i montażu	77
2.6.4 Metody weryfikacji części	83
2.6.5 Metody regeneracji części	84
2.7 Sprawdzenie wiadomości	89
3 Układ przeniesienia napędu	92
3.1 Źródła napędu pojazdów samochodowych i ich charakterystyka	92
3.2 Rodzaje układów przeniesienia napędu	94
3.3 Sprzęgła samochodowe	101
3.3.1 Zadania i rodzaje sprzęgieł	101

3.3.2	Sprzęgła cierne tarczowe	105
3.3.3	Obsługa i naprawa sprzęgieł	120
3.4	Skrzynki biegów	130
3.4.1	Zadania, rodzaje i zasada działania skrzynek biegów	130
3.4.2	Mechaniczne stopniowe skrzynki biegów o osiach stałych, stosowane w samochodach osobowych	136
3.4.3	Mechaniczne stopniowe skrzynki biegów o osiach stałych, stosowane w samochodach ciężarowych	160
3.4.4	Obsługa i naprawa mechanicznych skrzynek biegów	164
3.4.5	Hydromechaniczne, stopniowe, automatyczne skrzynki biegów o osiach obracających się	174
3.4.6	Mechaniczne, bezstopniowe, sterowane automatycznie skrzynki biegów	200
3.4.7	Hydromechaniczne, stopniowe skrzynki biegów o osiach stałych, stosowane w pojazdach specjalnych	203
3.4.8	Obsługa i naprawa automatycznych skrzynek biegów	204
3.5	Wały napędowe i przeguby	216
3.5.1	Budowa i zadania wałów napędowych	216
3.5.2	Rodzaje i zadania przegubów	220
3.5.3	Obsługa i naprawa wałów napędowych oraz przegubów	225
3.6	Przekładnie główne i mechanizmy różnicowe	230
3.6.1	Budowa i zadania przekładni głównej	231
3.6.2	Budowa i zadania mechanizmu różnicowego	241
3.6.3	Budowa i zadania obudowy mostu napędowego	248
3.6.4	Obsługa i naprawa przekładni głównej, mechanizmu różnicowego oraz mostu napędowego	250
3.7	Półosi i piasty kół napędowych	258
3.7.1	Budowa i zadania półosi i piast kół	258
3.7.2	Obsługa i naprawa półosi i piast kół	267
3.8	Napęd na więcej niż jedną oś	270
3.8.1	Napęd na wszystkie koła w samochodach osobowych	270
3.8.2	Napęd na więcej niż jedną oś w samochodach ciężarowych	285
3.8.3	Obsługa i naprawa skrzynek rozdzielczych	287
3.9	Materiały eksploatacyjne stosowane w układach przeniesienia napędu	287
3.10	Sprawdzenie wiadomości	291
4	Układ hamulcowy	302
4.1	Wiadomości wstępne	302
4.2	Rodzaje układów hamulcowych	304
4.3	Ogólna budowa i zasada działania układu hamulcowego	306
4.4	Hamulce bębnowe	309
4.5	Hamulce tarczowe	320
4.6	Hamulce taśmowe	332
4.7	Mechanizmy uruchamiające hamulce	333
4.7.1	Mechanizm hydraulicznego uruchamiania hamulca zasadniczego	334
4.7.2	Mechanizm elektrohydraulicznego (EHB) i elektromechanicznego (EMB) uruchamiania hamulców	348
4.7.3	Mechanizm pneumatycznego uruchamiania hamulców w samochodach ciężarowych i autobusach	350
4.7.4	Hydropneumatyczny mechanizm uruchamiający hamulce	353
4.7.5	Elektropneumatyczne mechanizmy uruchamiające hamulce	353

4.7.6	Mechanizmy uruchamiające hamulec postojowy	356
4.8	Układy rozdzielające siły hamowania	361
4.9	Układy zapobiegające blokowaniu kół samochodu	364
4.10	Hamulce ciągłego działania	372
4.11	Badania kontrolne układu hamulcowego	375
4.11.1	Badania diagnostyczne układu hamulcowego sterowanego hydraulicznie	376
4.11.2	Badania diagnostyczne układu hamulcowego sterowanego pneumatycznie	386
4.12	Obsługa i naprawa układu hamulcowego	390
4.13	Materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne stosowane w układach hamulcowych ...	415
4.14	Sprawdzenie wiadomości	417
	Rozwiązania testów i ćwiczeń kontrolnych	424

Podręcznik ten jest przeznaczony dla uczniów kształcących się w zawodach **technik pojazdów samochodowych (311513)** i **mechanik pojazdów samochodowych (723103)** oraz dla wszystkich osób chcących osiągnąć efekty kształcenia opisane w kwalifikacji **MG.18. Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych**.

Treść podręcznika pozwala przygotować się do wykonywania zadań zawodowych wynikających z podstawy programowej ww. kwalifikacji w zakresie:

- diagnostowania stanu technicznego,
- obsługi i naprawy układów wchodzących w skład podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych.

Materiał nauczania obejmuje zagadnienia dotyczące klasyfikacji pojazdów samochodowych, ich własności trakcyjnych i podstaw eksploatacji oraz budowy i zasady działania układów przeniesienia napędu, hamulcowego, kierowniczego, zawieszenia i jezdnego, jak również nadwozi pojazdów. Na końcu każdego działu przedstawiono zasady diagnostyki, sposób obsługi oraz naprawy omawianego układu.

Wiedza zawarta w podręczniku pozwala:

- określać podzespoły i zespoły, charakteryzować budowę oraz wyjaśniać zasady ich działania;
- dobierać metody oraz określać zakres diagnostyki;
- przyjmować i przygotowywać pojazd do diagnostyki;
- dobierać i stosować narzędzia oraz przyrządy pomiarowe do wykonania diagnostyki;
- wykonywać pomiary i badania diagnostyczne oraz interpretować ich wyniki;
- oceniać stan techniczny;
- lokalizować uszkodzenia zespołów i podzespołów;
- dobierać metody i określać zakres napraw;
- wykonywać we właściwy sposób demontaż i montaż zespołów i podzespołów;
- przeprowadzać weryfikację zespołów, podzespołów i części;
- dobierać zespoły i podzespoły lub ich zamienniki do wymiany;
- wymieniać uszkodzone zespoły i podzespoły z wykorzystaniem urządzeń i narzędzi warsztatowych;
- wykonywać konserwację zespołów i podzespołów;
- wyjaśniać zasady eksploatacji pojazdów oraz dobierać materiały eksploatacyjne;
- przeprowadzać próby pojazdu po naprawie.

Umożliwia to osiągnięcie wymaganych efektów kształcenia z zakresu podwozia i nadwozi pojazdów samochodowych

Podstawowe pojęcia, obejmujące elementarną wiedzę, zaznaczono w tekście **pogrubioną** lub **pochyłą** czcionką. Przedstawione schematy blokowe dotyczące diagnostowania i poszukiwania przyczyn niesprawności pojazdu oraz szczegółowe opisy oceny stanu technicznego, obsługi i naprawy poszczególnych elementów będą mogły zostać wykorzystane

podczas przygotowywania się do egzaminu potwierdzającego kwalifikacje zawodowe w kwalifikacji **MG.18**.

Niniejszy podręcznik nie wyczerpuje wszystkich możliwych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych stosowanych w budowie pojazdów samochodowych z uwagi na to, że ulegają one ciągłym zmianom i modyfikacjom. Jest jednak elementarzem, stanowiącym początek na trudnej drodze uczenia się przez całe życie w celu osiągnięcia mistrzostwa w swoim zawodzie.

W przygotowaniu rozdziału 7 *Motocykle* współpracował **Jeremi Gabryelewicz**.

Klasyfikacja, identyfikacja i własności trakcyjne pojazdów samochodowych

W tym rozdziale dowiemy się:

- jak klasyfikuje się pojazdy samochodowe,
- jak są zbudowane pojazdy samochodowe,
- jakie elementy identyfikują pojazd,
- co to jest charakterystyka techniczna pojazdu,
- jakimi własnościami trakcyjnymi charakteryzują się pojazdy samochodowe.

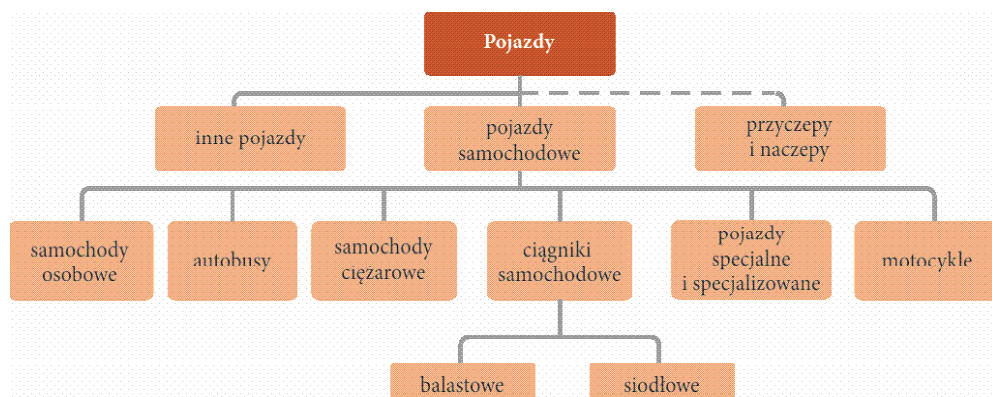
Podstawowe definicje i podział pojazdów samochodowych



Rys. 1.1 Przykłady pojazdów niebędących pojazdami samochodowymi [152], [243]*
a – równiarka, b – walec stalowo-gumowy

Pojazd to środek transportu przeznaczony do poruszania się po drodze oraz przystosowana do tego maszyna lub urządzenie. Określenie to ma szerokie znaczenie: obejmuje pojazdy i ciągniki samochodowe, ciągniki rolnicze, tramwaje (pojazdy szynowe), motocykle, motorowery, a także inne maszyny i urządzenia, które nie są środkami transportu, ale mogą samodzielnie poruszać się po drodze i są przystosowane do wykonywania określonych zadań, np. koparkoładowarki, walce, rozścielacze mas bitumicznych, równiarki itp.

* W nawiasach kwadratowych, zarówno w podpisach do ilustracji, jak i w tekście, podano numery przywołanych pozycji bibliografii.



Rys. 1.2 Klasyfikacja pojazdów

Pojazdy samochodowe można podzielić pod względem wykonywanych zadań na:

- pojazdy przeznaczone do przewozu osób (osobowe, autobusy i motocykle),
- pojazdy służące do przewozu ładunków,
- ciągniki samochodowe,
- pojazdy specjalne i specjalizowane

W *Prawie o ruchu drogowym* zdefiniowano poszczególne rodzaje pojazdów w następujący sposób:

- **pojazd silnikowy** – pojazd wyposażony w silnik, z wyjątkiem motoroweru i pojazdu szynowego;



Rys. 1.3 Samochody osobowe [158], [163], [262], [273]

a – trzydrzwiowy, *b* – minivan, *c* – terenowy, *d* – sportowy

- **motorower** – pojazd dwu- lub trzykołowy zaopatrzony w silnik spalinowy o pojemności skokowej nieprzekraczającej 50 cm³ lub w silnik elektryczny o mocy nie większej niż 4 kW, którego konstrukcja ogranicza prędkość jazdy do 45 km/h;
- **pojazd samochodowy** – pojazd silnikowy, którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością przekraczającą 25 km/h, z wyłączeniem ciągników rolniczych;
- **samochód osobowy** – pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu nie więcej niż 9 osób łącznie z kierowcą oraz ich bagażu;
- **autobus** – pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu więcej niż 9 osób łącznie z kierowcą;



Rys. 1.4 | Autobusy [20], [265]
a – turystyczny, b – miejski



- **motocykl** – pojazd samochodowy wyposażony w silnik spalinowy o pojemności skokowej przekraczającej 50 cm³, dwukołowy lub z wózkiem bocznym – wielośladowy (określenie to obejmuje również pojazd trójkołowy o symetrycznym rozmieszczeniu kół);
- **czterokołowiec** – pojazd samochodowy przeznaczony do przewozu osób lub ładunków, z wyłączeniem samochodu osobowego, ciężarowego i motocykla, którego masa własna nie przekracza 550 kg (w przypadku przewozu ładunków) lub 400 kg (w przypadku przewozu osób);
- **czterokołowiec lekki** – czterokołowiec, którego masa własna nie przekracza 350 kg i którego konstrukcja ogranicza prędkość jazdy do 45 km/h.
- **samochód ciężarowy** – pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu ładunków (to określenie obejmuje również samochody ciężarowo-osobowe przeznaczone konstrukcyjnie do przewozu ładunków i osób w liczbie od 4 do 9 łącznie z kierowcą);



Rys. 1.5 Motocykle [182], [254]

a – enduro (do jazdy w terenie); *b* – sportowy; *c, d* – motocykle trójkołowe



Rys. 1.6 Samochody ciężarowe [117], [281]

a – skrzyniowy (z opończę), *b* – skrzyniowy (z żaluzjami)



Rys. 1.7 Samochody ciężarowe specjalizowane [118]

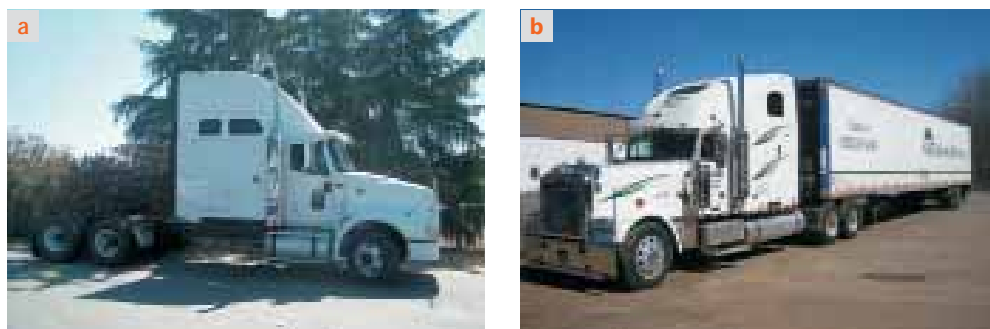
a – samowyladowczy, *b* – betonomieszarka



Rys. 1.8 Samochody specjalne [248], [214]

a – pożarniczy, b – zmiatarka

- **pojazd specjalny** – pojazd samochodowy lub przyczepa przeznaczone do wykonywania specjalnej funkcji, która powoduje konieczność dostosowania nadwozia lub zamontowania specjalnego wyposażenia; w takim pojeździe mogą być przewożone osoby lub przedmioty czy urządzenia związane z wykonywaniem tej funkcji (np. piaskarka, pług śnieżny, zmiatarka, pojazd pomocy drogowej i technicznej, żuraw, dźwig, podnośnik, ruchome laboratorium, ambulans, pojazd pożarniczy);
- **pojazd specjalizowany** – pojazd przeznaczony do przewozu określonego rodzaju ładunku (np. cysterna, cementowóz, śmieciarka, betonomieszarka, pojazd asenizacyjny i samowyładowczy);
- **ciągnik samochodowy** – pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie wyłącznie do ciągnięcia przyczepy; określenie to obejmuje:
 - **ciągniki siodłowe** wyposażone w siodło do sprzęgania z naczepą;
 - **ciągniki balastowe** z silnikami o bardzo dużej mocy, specjalnie obciążone, aby mogły ciągnąć przyczepy z ładunkami o dużej masie;
- **ciągnik rolniczy** – pojazd silnikowy przeznaczony do prac rolnych, leśnych lub ogrodniczych we współpracy ze specjalistycznym sprzętem; taki ciągnik może być również przystosowany do ciągnięcia przyczep oraz do wykonywania prac ziemnych;
- **przyczepa** – pojazd bez silnika, przystosowany do łączenia z innym pojazdem;
- **naczepa** – przyczepa, której część spoczywa na pojeździe silnikowym i obciąża ten pojazd;



Rys. 1.9 Ciągniki siodłowe [187], [257]

a – bez naczepy, b – z naczepą



Rys. 1.10 Ciągniki balastowe ze specjalnymi przyczepami do przewozu ładunków ponadgabarytowych [236]

- **pojazd członowy** – zespół pojazdów składający się z pojazdu silnikowego złączonego z naczepą;
 - **ociąg drogowy** – zespół pojazdów złożony z samochodu ciężarowego i kilku przyczep lub pojazd członowy połączony z kolejnymi naczepami (przyczepami).
- Z myślą o różnych konstrukcjach pojazdów samochodowych można przyjąć wiele kryteriów ich podziału, np. ze względu na:



Rys. 1.11 Ciągniki rolnicze



Rys. 1.12 Przyczepy [147], [230]
a – kempingowa, b – ciężarowa



Rys. 1.13 Naczepa samowyładowcza [242]



Rys. 1.14 Pociąg drogowy [154]

- zdolność przewozową, czyli ładowność;
- rodzaj nadwozia;
- liczbę przewożonych osób;
- rodzaj i moc silnika oraz sposób jego umiejscowienia;
- usytuowanie mechanizmów napędowych;
- liczbę napędzanych osi.

Zadania i ogólna budowa układów konstrukcyjnych podwozia

Każdy pojazd, niezależnie od przeznaczenia i konstrukcji, składa się z:

- **nadwozia**, które stanowi zewnętrzną obudowę pojazdu; jego podstawową i największą częścią jest kadłub, któremu bez względu na przeznaczenie pojazdu i rodzaj nadwozia stawia się określone wymagania ogólne, jak np. odpowiednia wytrzymałość, lekkość konstrukcji, szczelność, ochrona jadących przed skutkami zderzenia pojazdu i wpływem czynników atmosferycznych czy izolacyjność akustyczna;
- **jednostki napędowej**, którą może stanowić tłokowy silnik spalinowy, silnik elektryczny lub inny zmieniający dowolny rodzaj energii w pracę mechaniczną albo ich kombinacja (napęd hybrydowy);
- **podwozia**, w którym znajdują się układy funkcjonalne, pozwalające przenieść moment obrotowy i moc jednostki napędowej na koła samochodu, połączyć koła z nadwoziem oraz prowadzić samochód.

Strukturę pojazdu tworzy zbiór jego elementów konstrukcyjnych, które są uporządkowane i wzajemnie powiązane w celu realizacji określonych funkcji. **Elementami struktury** są układy (np. kierowniczy, hamulcowy), zespoły (np. skrzynka biegów, silnik, tylny most), podzespoły (np. tarcza sprzęgła, przegub wału napędowego) i mechanizmy (np. mechanizm różnicowy, mechanizm zwrotniczy), które z kolei można podzielić na pary kinematyczne (np. czop i panewka, współpracujące koła zębate) oraz poszczególne części.

Układ to zbiór elementów realizujących to samo zadanie. Składa się on z zespołów, podzespołów, elementów i par kinematycznych. Przykładami układów funkcjonalnych są układ kierowniczy, hamulcowy itp.

Zespół jest to zorganizowany (uporządkowany) zbiór elementów składowych stanowiących gotowy wyrób, np. sprzęgło, skrzynka biegów, zawieszenie, tylny most itp.

Podzespół, nazywany również zespołem drugiego rzędu, stanowi podzielną lub niepodzielną część zespołu, jak np. tarcza sprzęgła, kompletna obudowa sprzęgła, zacisk hamulca itp.

Mechanizm to zespół współpracujących części składowych, wykonujących określone zadanie, jak np. przenoszenie ruchu lub siły (mechanizm różnicowy, mechanizm zwrotniczy, mechanizm uruchamiający hamulce).

Element stanowi niepodzielną część zespołu lub podzespołu, np. wałek sprzęgłowy skrzynki biegów, koło zębate, tłok zacisku hamulca itp.

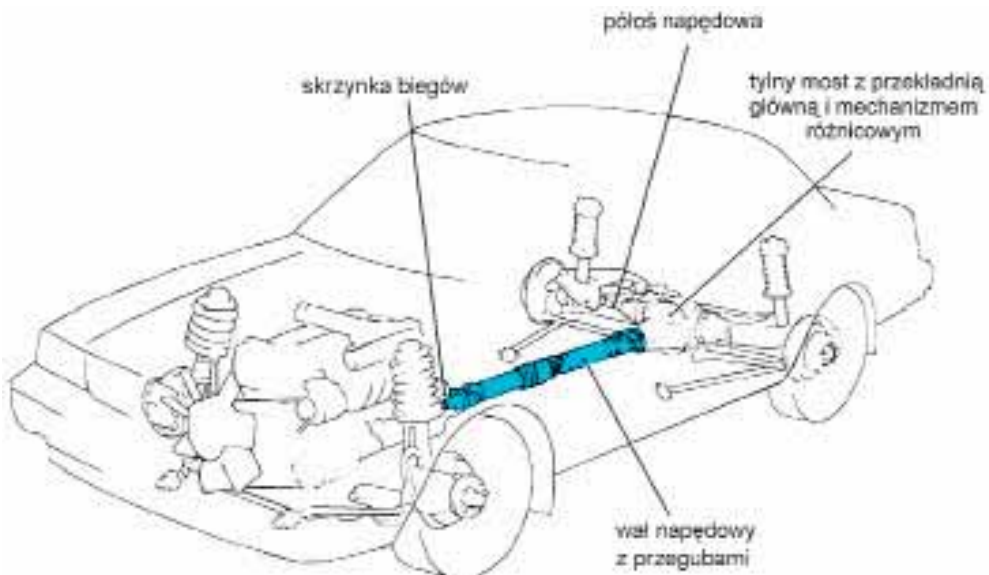
Para kinematyczna to połączenie ruchowe dwóch członów (elementów), np.: przegub kulowy, czop i panewka łożyska itp.

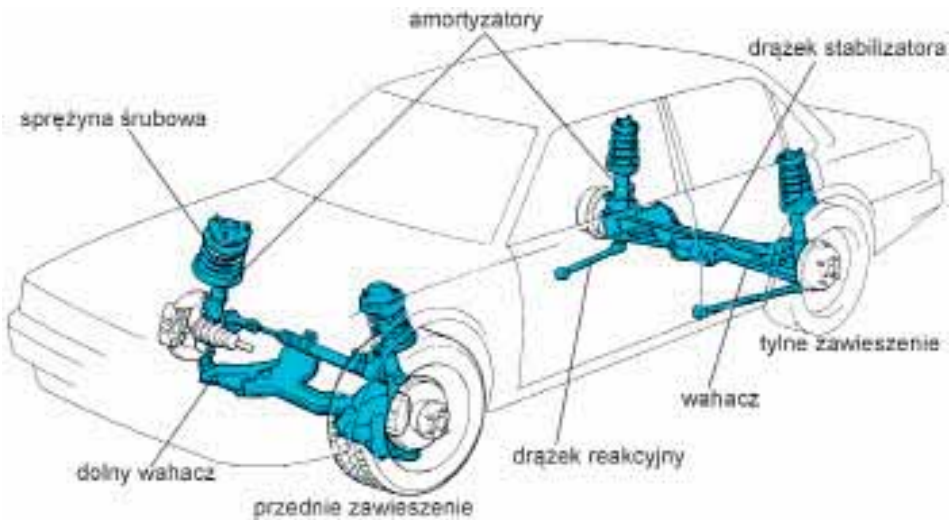
W skład podwozia i nadwozia pojazdu wchodzi układy, zespoły, podzespoły i elementy o różnorodnym stopniu złożoności, wykonane różnymi technologiami, z materiałów konstrukcyjnych o zróżnicowanej strukturze i właściwościach oraz o różnym stopniu wytrzymałości mechanicznej.

Głównymi układami tworzącymi **podwozie** pojazdu samochodowego są: układ przeniesienia napędu, układ nośny i jezdny, układ kierowniczy oraz układ hamulcowy.

Układ przeniesienia napędu (klasyczny) składa się ze sprzęgła, skrzynki biegów, przegubowego wału napędowego, przekładni głównej, mechanizmu różnicowego, półosi i piast kół. Jego zadaniem jest przeniesienie mocy z silnika do kół napędowych oraz uzyskanie takich wartości przełożeń dynamicznych, aby moment obrotowy silnika wystarczył do pokonania oporów ruchu i uzyskania odpowiedniej prędkości pojazdu.

Układ nośny i jezdny samochodu składa się z ramy lub konstrukcji samonośnej nadwozia, zawieszenia przedniego i tylnego oraz kół. Pośredniczy on w przenoszeniu na koła pojazdu sił pionowych, podłużnych i poprzecznych działających na nadwozie samochodu oraz w przenoszeniu na nadwozie reakcji pochodzących od nawierzchni drogi.





Rys. 1.16 Zawieszenie samochodu osobowego [58]

W *zawieszeniu* pojazdu można wyróżnić elementy:

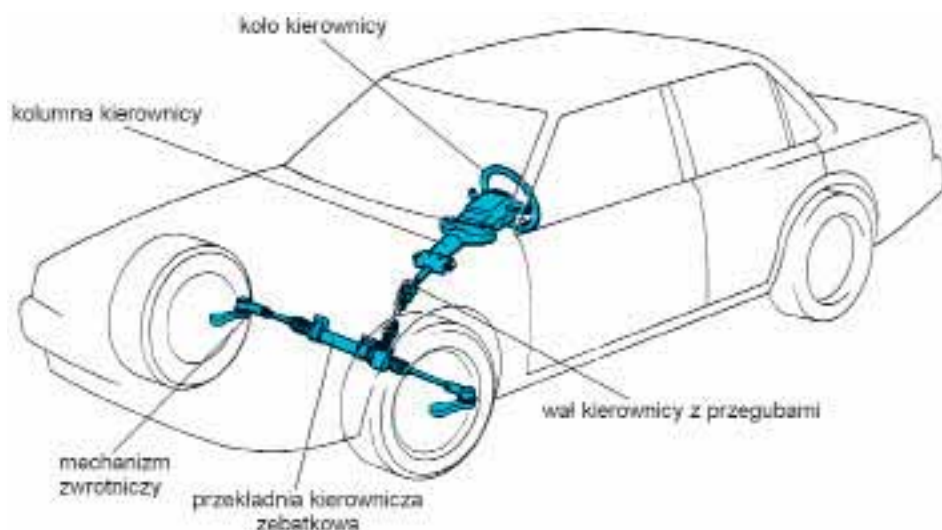
- **przewodzące**, których zadaniem jest:
 - połączenie kół z ramą lub nadwoziem,
 - wyznaczenie ruchu kół w czasie ich przemieszczania względem ramy lub nadwozia,
 - zapewnienie toczenia się kół po ustalonym torze,
 - przeniesienie reakcji wywołanych siłą napędową i siłą hamowania oraz siłą odśrodkową w czasie ruchu pojazdu po łuku lub spowodowanych bocznym wiatrem;
- **sprężyste**, umieszczone między kołami a ramą lub nadwoziem, służące do przenoszenia wszystkich sił pionowych działających na koła samochodu;
- **amortyzujące**, tłumiące drgania masy resorowanej nadwozia samochodu.

Zawieszenie, wykorzystujące elementy sprężyste i amortyzujące umieszczone między nadwoziem (ramą) i kołami samochodu, stanowi sprężyste połączenie dwóch mas: resorowanej, czyli nadwozia (lub nadwozia wraz z ramą) samochodu i nieresorowanej, którą tworzą koła, hamulce, wahacze itp.

Układ kierowniczy ma za zadanie umożliwić kierowcy nadanie pojazdowi wymaganego kierunku ruchu i utrzymanie tego kierunku przez odpowiednie ustawienie kół kierowanych. Układ ten składa się z dwóch mechanizmów:

- **mechanizmu kierowniczego**, służącego kierowcy do ustawienia kół kierowanych pojazdu pod kątem potrzebnym do uzyskania wymaganego kierunku jazdy i składającego się z koła kierownicy, kolumny kierownicy, przegubowego wału kierownicy oraz przekładni kierowniczej;
- **mechanizmu zwrotniczego**, służącego do ustawienia kół kierowanych względem siebie pod takimi kątami, aby ich toczenie po łuku odbywało się poprawnie pod względem kinematycznym, i składającego się z drążków kierowniczych, ramion zwrotnic i zwrotnic. Układ kierowniczy jest najczęściej wspomagany hydraulicznie lub elektrycznie.

Układ hamulcowy ma za zadanie zmniejszenie prędkości lub zatrzymanie pojazdu znajdującego się w ruchu oraz jego unieruchomienie na postoju. Pojazdy samochodowe



Rys. 1.17 Układ kierowniczy samochodu osobowego [58]



Rys. 1.18 Układ hamulcowy samochodu osobowego [58]

są wyposażone w hamulce robocze (zasadnicze), awaryjne i postojowe (pomocnicze), a ich niezawodność ma decydujący wpływ na poziom bezpieczeństwa czynnego samochodu. Układ hamulcowy składa się z mechanizmów hamulcowych oraz mechanizmu uruchamiającego hamulce. Obecnie produkowane pojazdy samochodowe są wyposażone głównie w **hamulce tarczowe**, zastępujące wcześniej stosowane hamulce bębnowe. **Mechanizm uruchamiający** hamulce może być mechaniczny, hydrauliczny, pneumatyczny lub hydrauliczno-pneumatyczny. W celu zmniejszenia siły niezbędnej do uruchamiania układu hamulcowego stosuje się urządzenia wspomagające działanie hamulców.

Identyfikacja pojazdów – tabliczki znamionowe i numer VIN

Wszystkie pojazdy samochodowe są specjalnie znakowane w celu identyfikacji. **Każdy samochód musi mieć tabliczkę znamionową, a bezpośrednio na nadwoziu – wybity numer zgodny z międzynarodowym systemem oznaczeń identyfikacyjnych pojazdów samochodowych VIN** (skrót od angielskiej nazwy *Vehicle Identification Number*). Także przyczepy samochodowe powinny być wyposażone w tabliczkę znamionową oraz mieć wybity numer identyfikacyjny. System międzynarodowego znakowania pojazdów wprowadzono w połowie lat 70. XX wieku.

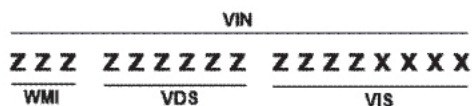
W systemie VIN numer identyfikacyjny składa się z siedemnastu znaków (liter lub cyfr) pozwalających zakodować podstawowe informacje o samochodzie, np. kraj producenta, rok produkcji oraz dane dotyczące konstrukcji nadwozia, podwozia czy rodzaju silnika. Pozwala to m.in. ocenić, czy elementy takie jak silnik i skrzynka biegów oraz wyposażenie samochodu są zgodne z oznaczeniem kodowym i czy pojazd nie był przerabiany. Dzięki ocenie autentyczności numeru identyfikacyjnego można również stwierdzić, czy pojazd nie został skradziony. Podczas złomowania pojazdu numer identyfikacyjny jest niszczone (wycinany). Firmy produkujące samochody są zobowiązane do stosowania międzynarodowego systemu znakowania. Należy jednak pamiętać, że zdarzają się pewne odstępstwa od zasad zalecanych w tym systemie (np. rok produkcji, który powinien być zakodowany na 10. miejscu, jest kodowany na miejscu 11.).

Siedemnastoznakowy numer identyfikacyjny VIN jest podzielony na trzy człony:

- WMI (3 znaki), określający światowy kod producenta i kraj, w którym pojazd został wyprodukowany;
- VDS (6 znaków), opisujący główne cechy pojazdu, takie jak typ, wersja, rodzaj silnika oraz nadwozia, układ napędowy itp.;
- VIS (8 znaków), pozwalający odróżnić dany pojazd od innych, czyli zawierający rok produkcji i kolejny numer.

Rys. 1.19

Struktura numeru identyfikacyjnego pojazdu VIN



Z – znak literowo-cyfrowy
X – znak cyfrowy

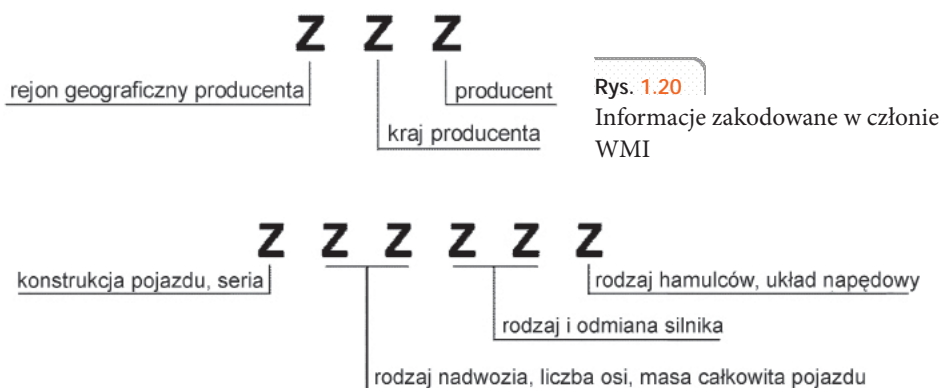
Przy rozkodowywaniu dwóch pierwszych znaków członu WMI należy posługiwać się specjalnymi tablicami.

Człon VDS opisujący pojazd jest kodowany przez producenta pojazdu i w celu odczytania tego członu należy dysponować odpowiednim kluczem producenta.

Człon VIS, identyfikujący pojazd, pozwala określić rok produkcji pojazdu oraz zakład montujący. Ostatnie sześć znaków stanowi kolejny numer pojazdu, pozwalający rozróżnić poszczególne egzemplarze samochodów tego samego typu. Dla określenia rocznika można posłużyć się tabelą 1-2. W celu jednoznaczności oznaczeń pominięte są litery I, O oraz Z, które mogłyby być interpretowane jak cyfry 1, 0 lub 2. Co trzydzieści lat symbole się powtarzają, co oznacza, że samochody wyprodukowane w roku 1980 i w roku 2010 mają przydzielony ten sam kod oznaczony literą A.

Tab. 1-1 Przydział kodów producentów w wybranych krajach [82]

Pierwszy znak (strefa geograficzna)	Drugi znak (kraj)																															
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Afryka	A	Afryka Południowa																														
Azja	J																Japonia															
	L																Chiny															
Europa	S	Wlk. Brytania										Polska																				
	V	Austria					Francja										Hiszpania															
	W	Niemcy																														
	X																					Rosja										
	Z	Włochy																														
Ameryka Północna	1	Stany Zjednoczone																														
	2	Kanada																														
Oceania	6	Australia																														
	7	N. Zelandia																														
Ameryka Południowa	8	Argentyna					Chile					Ekwador					Peru					Wenezuela										

**Rys. 1.20**

Informacje zakodowane w członie WMI

Rys. 1.21 Informacje zakodowane w członie VDS

Zgodnie z wymaganiami [83]* numer identyfikacyjny VIN powinien być:

- umieszczony po prawej stronie pojazdu, jeżeli to możliwe – w przedniej jego połowie;
- czytelny z zewnątrz pojazdu (np. wewnątrz przestrzeni pasażerskiej w pobliżu słupka przedniej szyby);
- umieszczony w łatwo widocznym miejscu, w sposób wykluczający możliwość wytarcia lub zmiany;

* Patrz przypis na s. 9.

Tab. 1-2 Kodowe oznaczenie roku produkcji w systemie VIN [82]

Rok	Kod	Rok	Kod	Rok	Kod
1980	A	–	–	–	–
1981 (2011)	B	1991	M	2001	1
1982 (2012)	C	1992	N	2002	2
1983 (2013)	D	1993	P	2003	3
1984 (2014)	E	1994	R	2004	4
1985	F	1995	S	2005	5
1986	G	1996	T	2006	6
1987	H	1997	V	2007	7
1988	J	1998	W	2008	8
1989	K	1999	X	2009	9
1990	L	2000	Y	2010	A

Rys. 1.22 Informacje zakodowane w członie VIS

- umieszczony bezpośrednio na części pojazdu (ramie, nadwoziu), która nie daje się łatwo usunąć czy wymienić, lub na oddzielnej płytce trwale przymocowanej do pojazdu, przy czym dopuszcza się w jednym pojeździe oba sposoby;
- wykonany w ten sposób, aby znaki były czytelne, trwałe, niedające się łatwo zmienić, składające się z liter alfabetu łacińskiego i cyfr arabskich o wysokości (dla pojazdów silnikowych i przyczep, z wyjątkiem motocykli) minimum 7 mm.

Miejsce umieszczenia numeru VIN wybrane przez producenta powinno być opisane w instrukcji pojazdu.

Znaki identyfikacyjne mogą być wykonywane następującymi metodami [21]:

- wybijane – wklęsłe, wykonywane mechanicznie (rzadko – ręcznie) za pomocą zespolonych znakowników, pozwalających uzyskać jednakową głębokość i rozmieszczenie poszczególnych znaków; zdarzają się także numery wykonywane pojedynczymi znakownikami, dającymi zdecydowanie mniejszą dokładność wykonania;
- wytłaczane – wypukłe, wykonywane maszynowo na różnego rodzaju tabliczkach, w sposób zapewniający bardzo dużą dokładność kształtu i rozmieszczenia znaków;
- wycinane – w postaci otworów w kształcie liter lub cyfr, wykonywanych mechanicznie na tabliczkach;
- wypalane – wykonywane bezpośrednio na nadwoziu lub tabliczce metodą elektroiskrową, a następnie zabezpieczane przed korozją specjalną, samoprzylepną taśmą przezroczystą.

Numery identyfikacyjne wykonywane są najczęściej na elementach polakierowanych i dlatego pole numerowe powinno mieć te same warstwy lakieru, co sąsiednie elementy. Zdarza się jednak, że pole numerowe po nałożeniu pierwszej warstwy lakieru zakrywa się

specjalnym paskiem folii usuwanym po zakończeniu procesu lakierowania. W związku z tym faktura powierzchni pola numerowego jest inna niż sąsiadujących elementów.

Numery identyfikacyjne VIN umieszcza się najczęściej:

- w komorze silnika – na prawym bocznym wzmocnieniu, z prawej strony przegrody czołowej lub na górnej poprzeczce wzmocnienia czołowego;
- w kabinie – na podłodze w okolicy przedniego fotela;
- na prawym słupku – środkowym lub przednim;
- w bagażniku – po prawej stronie podłogi;
- na prawym nadkolu;
- na prawej podłużnicy w pobliżu przedniego prawego koła.

Każdy producent ma swoje zasady dotyczące treści, wyglądu, rozmieszczenia i sposobu wykonania oznaczeń identyfikacyjnych. Zasady te są najczęściej zachowywane w kolejnych modelach.

Producenci nanoszący numer VIN muszą kierować się obowiązującymi wszystkich ogólnymi zasadami. Najważniejsze z nich są następujące:

- każde niezajęte miejsce w siedemnastoznakowym kodzie musi być wypełnione cyfrą 0;
- numer powinien być umieszczony w jednym lub dwóch wierszach;
- odstępy między znakami powinny być jednakowe;
- dopuszcza się oddzielenie poszczególnych członów numeru specjalnym znakiem graficznym, innym niż cyfry i litery (np. pozioma kreska, gwiazdka, znak firmowy), przy czym takie znaki umieszcza się także zwykle na początku i na końcu numeru (rys. 1.23).

Dzięki porównaniu rzeczywistego numeru identyfikacyjnego na pojeździe z wymaganiami stawianymi przez system VIN oraz szczegółowymi zasadami, którymi kieruje się producent, można przeprowadzić ocenę autentyczności tego pojazdu. Pozwala to ujawnić jego sfałszowanie, które ma często miejsce po kradzieży. O nielegalnej zmianie numeru VIN mogą świadczyć m.in.:

- wycięcie oryginalnego numeru i wstawienie w to miejsce elementu z innym numerem (innego samochodu tej samej marki); sfałszowanie można ujawnić poprzez zbadanie jednorodności warstw lakierniczych i blachy oraz sposobu łączenia z nadwoziem elementu zawierającego numer VIN;
- zaklepanie oryginalnego numeru, zaszpachlowanie i nabicie nowego; o dokonany fałszerstwie może świadczyć przesunięcie miejsca nabicia numeru oraz nierówne ustawienie znaków, ich różne odległości i głębokości;
- przebicie poszczególnych znaków, np. cyfry 3 na cyfrę 8 lub 9, cyfry 5 na cyfrę 6 poprzez nabicie brakujących fragmentów lub odwrotnie – wypełnienie części cyfr, np. zmiana cyfry 8 na cyfrę 3; fałszerstwo można ustalić poprzez dokładne oględziny poszczególnych znaków przy użyciu optycznych urządzeń powiększających.



Rys. 1.23 Przykładowe numery identyfikacyjne VIN



Rys. 1.24 Przykładowe tabliczki znamionowe

Podczas oględzin pojazdu należy także zwrócić uwagę na zgodność numeru identyfikacyjnego VIN naniesionego na nadwoziu z tabliczką znamionową, na której jest on powtórzony.

Tabliczki znamionowe są znormalizowane i powinny być wykonane z materiału zapewniającego odporność na czynniki atmosferyczne, korozję i zużycie. Wymaga się, aby były zamocowane w sposób trwały (przynitowane), w miejscu dostępnym, na elemencie trwałym i niepodlegającym wymianie. W samochodach osobowych i pochodnych tabliczka znamionowa powinna zawierać następujące dane:

- nazwę wytwórni,
- numer świadectwa homologacji,
- numer identyfikacyjny VIN,
- dopuszczalną masę całkowitą,
- dopuszczalną masę pojazdu z przyczepą wyposażoną w hamulec,
- dopuszczalne obciążenie przedniej osi,
- dopuszczalne obciążenie tylnej osi.

Dodatkowo producent może umieścić informacje dotyczące:

- numeru lakieru,
- oznaczenia wersji,
- numeru dla części zamiennych,
- dopuszczalnej masy pojazdu z przyczepą bez hamulca,
- poziomu zakłóceń radioelektrycznych.

Na tabliczkach znamionowych samochodów ciężarowych mogą znaleźć się dane dotyczące ładowności, a dla autobusów – liczby miejsc.

Charakterystyka techniczna pojazdów samochodowych

Charakterystyka techniczna pojazdu to zbiór jego podstawowych parametrów podawanych przez producenta. Na ogół tworzą go dane dotyczące wymiarów, masy, prędkości oraz konstrukcji pojazdu. Informacje, które zawiera charakterystyka techniczna, zależą od rodzaju pojazdu. Przykładem mogą być samochody terenowe, dla których podawane są dodatkowe parametry, nieuwzględniane przez producentów samochodów osobowych: głębokość brodenia, zdolność pokonywania wzniesień, maksymalny przechył boczny itp.

Tab. 1-3 Przykładowe dane wybrane z charakterystyki technicznej samochodu dotyczące podstawowych wymiarów

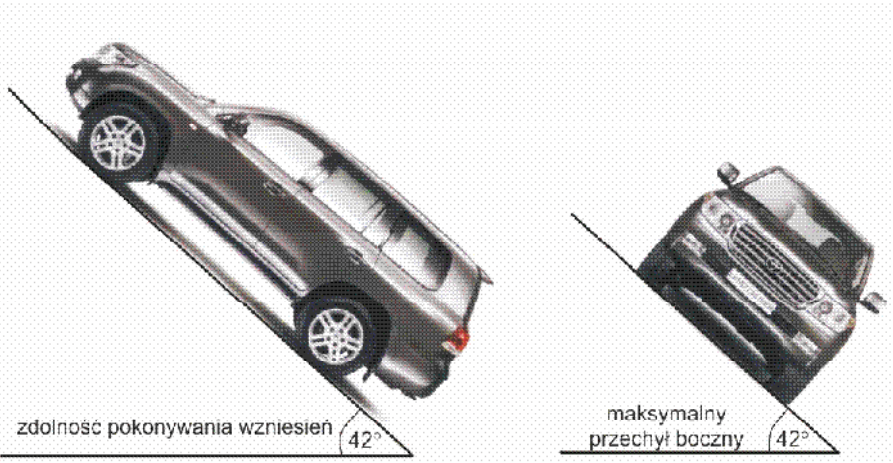
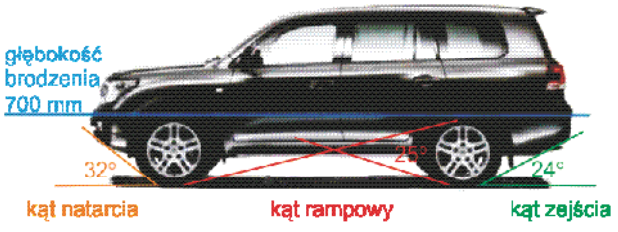
Parametr	Definicja	Wartość
Długość pojazdu	Odległość między skrajnymi (przednim i tylnym) punktami pojazdu mierzona równoległe do jego osi podłużnej	4405 mm
Szerokość pojazdu	Odległość między skrajnymi punktami poprzecznego obrysu pojazdu (z uwzględnieniem lusterek, lamp itp.) mierzona równoległe do płaszczyzny jezdni	1875 mm
Wysokość pojazdu	Odległość między płaszczyzną jezdni i równoległą do niej płaszczyzną przechodzącą przez najwyżej położony punkt pojazdu nieobciążonego (o masie własnej)	1905 mm
Rozstaw osi	Odległość między prostymi łączącymi środki kół poszczególnych osi, mierzona przy symetrycznym ustawieniu kół względem podłużnej osi pojazdu	2790 mm
Rozstaw kół	Odległość między punktami styku z powierzchnią jezdni środków bieżników kół tej samej osi (dla kół pojedynczych)	1575 mm

Tab. 1-4 Przykładowe dane wybrane z charakterystyki technicznej samochodu dotyczące właściwości ruchowych podczas poruszania się w terenie

Parametr	Definicja	Wartość
Kąt natarcia	Kąt między płaszczyzną jezdni a płaszczyzną styczną do kół przednich i do obrysu przedniej dolnej części pojazdu maksymalnie obciążonego	32°
Kąt zejścia	Kąt między płaszczyzną jezdni a płaszczyzną styczną do kół tylnych i do obrysu tylnej części pojazdu maksymalnie obciążonego, bez uwzględnienia części odchylanych, nieumocowanych trwale do pojazdu	24°
Kąt rampowy	Suma kątów, jakie tworzą z nawierzchnią płaszczyzny styczne do przedniego i tylnego koła, przechodzące przez najniższy punkt podwozia znajdujący się pomiędzy osiami samochodu	25°
Głębokość brodzenia	Zdolność pokonywania przeszkód wodnych o określonej głębokości	700 mm
Zdolność pokonywania wzniesień	Maksymalny kąt wzniesienia, pod które pojazd jest zdolny podejść	42°
Maksymalny przechył boczny	Maksymalny kąt przechyłu bocznego pojazdu podczas jazdy wzdłuż zbocza wzniesienia	42°
Prześwit	Odległość między najniższym punktem podwozia pojazdu nieobciążonego a nawierzchnią	Minimalny 220 mm Podwyższony 220 + 30 mm



Rys. 1.25 Podstawowe wymiary samochodu (fragment charakterystyki technicznej) [51]



Rys. 1.26 Charakterystyczne dane techniczne samochodu dotyczące właściwości ruchowych podczas poruszania się w terenie [51]

Charakterystyka techniczna pozwala na porównanie technicznych właściwości i możliwości danego pojazdu z innymi samochodami. Parametry wchodzące w skład charakterystyki są jednoznacznie zdefiniowane przez odpowiednie normy.

Własności trakcyjne pojazdów samochodowych

Obciążenia statyczne i dynamiczne pojazdu

Zachowanie się pojazdu w różnych sytuacjach drogowych zależy od działających na niego sił zewnętrznych, które wymuszają zmianę parametrów jego ruchu (przyśpieszanie, hamowanie, skręcanie itp.).

Siły działające na pojazd można podzielić na:

- **statyczne**, których działanie nie jest zależne od ruchu pojazdu (występują one zarówno na postoju, jak i podczas jazdy);
- **dynamiczne**, występujące tylko podczas jazdy.

Na **obciążenie statyczne pojazdu** (na postoju i podczas jazdy) składają się siła ciężkości oraz wywołane przez nią reakcje podłoża. **Siła ciężkości** przyłożona w środku masy (ciężkości) pojazdu stanowi rezultat przyciągania ziemskiego, a jej kierunek działania jest zawsze pionowy. Jej wartość można obliczyć ze wzoru:

$$G = m \cdot g \text{ [N]}$$

(1.1)

gdzie:

G – siła ciężkości [N],

m – masa samochodu [kg],

g – przyśpieszenie ziemskie; $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$.

Reakcje podłoża, wywołane siłą ciężkości i równoważące ją, działają w punktach styku kół z nawierzchnią drogi. Należy pamiętać, że zgodnie z III zasadą dynamiki Newtona siły nacisku występują zawsze parami. Koła samochodu naciskają na podłoże, a podłoże wywiera nacisk na koła. W efekcie odkształcić się może zarówno nawierzchnia pod oponą (odcisk bieżnika, który można łatwo zaobserwować na gruntowej drodze), jak i sama opona (ugięcie w miejscu styku z nawierzchnią). Siły nacisku nawierzchni na koło i koła na nawierzchnię mają taką samą wartość, lecz są przeciwnie skierowane.

Jeżeli pojazd stoi lub porusza się po poziomej drodze o kącie nachylenia $\alpha = 0^\circ$, siła ciężkości jest prostopadła do nawierzchni (rys. 1.27a). Gdy pojazd stoi lub porusza się po drodze pochylej o kącie nachylenia $\alpha \neq 0^\circ$, siła ciężkości nadal działa pionowo w dół, lecz tym razem nie jest prostopadła do nawierzchni (rys. 1.27b).

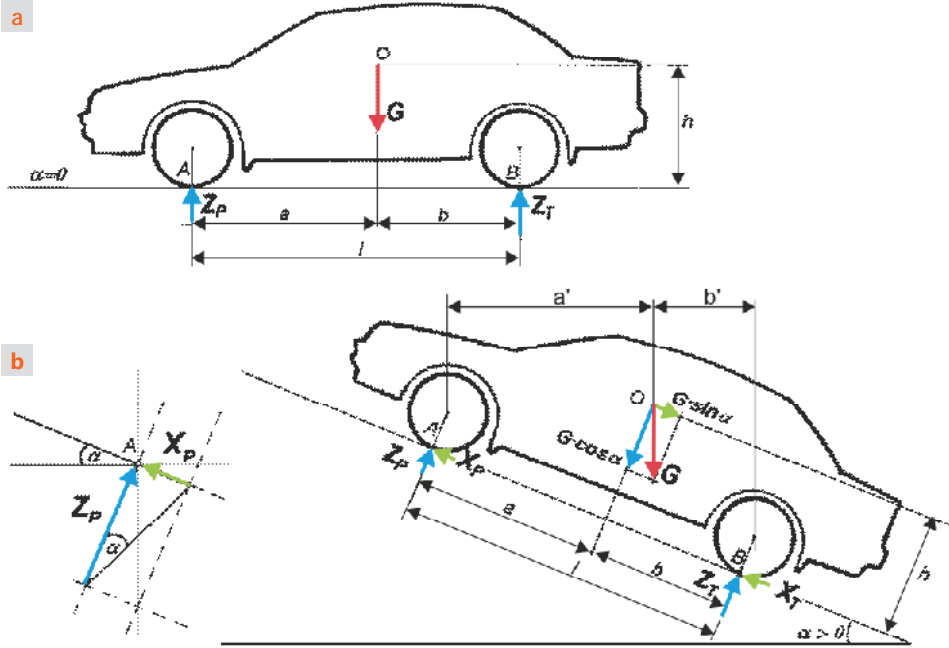
Podczas poruszania się pojazdu oprócz sił statycznych występują również **siły dynamiczne**. Warunkiem poruszania się pojazdu jest odpowiednia wartość siły napędowej F_N , która musi zrównoważyć wszystkie **siły oporów ruchu** F_o :

$$F_N = F_o$$

(1.2)

Suma wszystkich sił oporów ruchu jest równa:

$$F_o = F_t + F_w + F_p + F_b \quad [\text{kN}]$$



Rys. 1.27 Obciążenia statyczne działające na samochód

a – stojący na drodze poziomej, *b* – stojący na drodze pochyłej

G – siła ciężkości (ciężar) pojazdu, $G \cdot \cos \alpha$ – składowa normalna siły ciężkości, $G \cdot \sin \alpha$ – składowa styczna siły ciężkości, Z_P i Z_T – reakcje normalne działające odpowiednio na przednie i tylne koła, X_P i X_T – reakcje styczne działające odpowiednio na przednie i tylne koła, α – kąt nachylenia drogi, *O* – środek masy samochodu, *A* i *B* – punkty styku kół z nawierzchnią drogi, *l* – rozstaw osi samochodu, *a*, *b* i *h* – współrzędne środka masy samochodu, *a**b* – odległość kierunku działania siły ciężkości pojazdu od punktu styku przedniego koła z nawierzchnią, *b**b* – odległość kierunku działania siły ciężkości pojazdu od punktu styku tylnego koła z nawierzchnią

skąd

$$F_N = F_t + F_w + F_p + F_b \quad [\text{kN}] \quad (1.3)$$

gdzie:

F_t – siła oporów toczenia [kN],

F_w – siła oporów wzniesienia [kN],

F_p – siła oporów powietrza [kN],

F_b – siła oporów bezwładności [kN].

Siła napędowa na jednym kole napędzanym F_{N1} jest wywołana przyłożonym do niego momentem obrotowym M_{k1} . Ponieważ działa ona na ramieniu równym promieniowi dynamicznemu koła r_d , oblicza się ją ze wzoru

$$F_{N1} = \frac{M_{k1}}{r_d} \quad [\text{kN}] \quad (1.4)$$

Siła napędowa pojazdu jest sumą sił napędowych działających na wszystkie koła napędzane, a więc wzór na siłę napędową pojazdu z dwoma kołami napędzanymi przedstawia się następująco

$$\bar{F}_N = \frac{\bar{M}_{kl} + \bar{M}_{kp}}{r_d} \quad [\text{kN}]$$

gdzie:

M_{kl} – moment obrotowy na kole lewym [$\text{kN} \cdot \text{m}$],

M_{kp} – moment obrotowy na kole prawym [$\text{kN} \cdot \text{m}$].

Moment obrotowy na wszystkich kołach napędzanych zależy od momentu obrotowego silnika M_s , przełożenia całkowitego układu napędowego i_c oraz współczynnika sprawności mechanicznej układu napędowego η_m (uwzględniającego np. straty spowodowane tarciami i oporami mechanizmów) i wynosi

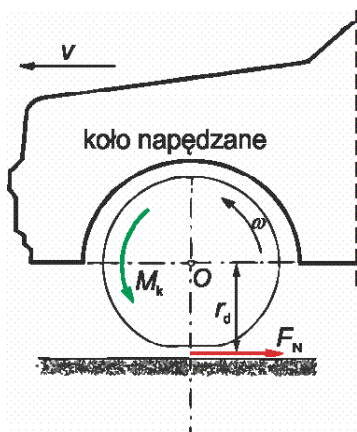
$$M_k = M_s \cdot i_c \cdot \eta_m \quad [\text{kN}] \quad (1.5)$$

Po podstawieniu tego wyrażenia do wzoru (1.4) okazuje się, że siła napędowa na wszystkich kołach pojazdu wynosi:

$$F_N = \frac{M_s \cdot i_c \cdot \eta_m}{r_d} \quad [\text{kN}] \quad (1.6)$$

Wynika stąd m.in., że największą siłę napędową F_N można uzyskać na najniższym biegu, o największej wartości przełożenia i_c (patrz rozdział 3.4). Przyspieszenie pojazdu jest proporcjonalne do działającej siły, dlatego jeśli używa się niskich biegów, można uzyskać duże przyspieszenia. Jednocześnie mocno zredukowana przez przekładnię prędkość obrotowa silnika nie pozwala na niskim biegu uzyskać dużej prędkości ruchu. Jazda z dużą prędkością jest możliwa na najwyższym biegu, ponieważ jego przełożenie jest najmniejsze. Niestety, zmniejsza się wówczas zdolność samochodu do przyspieszania.

Moment obrotowy działający na koło napędzane jest skierowany zgodnie ze zwrotem prędkości kątowej ω (rys. 1.28). Wywołuje on siłę napędową, przyłożoną stycznie do koła w punkcie styku z nawierzchnią drogi. Zgodnie ze zwrotem momentu obrotowego M_k , siła F_N napiera na nawierzchnię, jakby miała ją „przesunąć” w kierunku przeciwnym do ruchu pojazdu. Skutkuje to np. wyrzucaniem do tyłu spod jego kół drobnych kamyczków.



Rys. 1.28 Moment napędowy i siła napędowa na kole pojazdu

Oporu ruchu pojazdu to wszystkie siły, które przeciwstawiają się temu ruchowi, występujące wyłącznie podczas poruszania się samochodu. Najważniejsze z nich to:

- **opory toczenia**, zależne m.in. od rodzaju ogumienia kół oraz rodzaju i stanu nawierzchni drogi;
- **opory wzniesienia**, zależne od podłużnego pochylenia drogi, po której porusza się pojazd;
- **opory powietrza**, zależne od kształtu i wymiarów pojazdu;

- **opory bezwładności**, przeciwstawiające się zmianom prędkości ruchu (np. podczas przyspieszania lub hamowania), których wartość jest uzależniona od wartości przyspieszenia oraz masy pojazdu.

Siła oporów toczenia F_t jest sumą sił oporów toczenia jego wszystkich kół, przyłożonych w punktach działania reakcji podłoża na koła i skierowanych przeciwnie do kierunku działania siły napędowej. Siła oporów toczenia pojazdu zależy wprost proporcjonalnie od jego ciężaru G (siły ciężkości) oraz od współczynnika oporów toczenia f i na drodze poziomej wyraża się wzorem

$$F_t = G \cdot f \quad [\text{kN}] \quad (1.7)$$

Wartość współczynnika oporów toczenia zależy m.in. od:

- rodzaju i wymiarów ogumienia;
- ciśnienia w ogumieniu;
- prędkości, z jaką porusza się pojazd;
- rodzaju i stanu nawierzchni drogi.

Przepychając pojazd, łatwiej to zrobić na gładkim, twardym i nieodkształcalnym podłożu, przy prawidłowo napompowanych kołach (małe opory toczenia) niż na piaszczystej drodze i przy niskim ciśnieniu w ogumieniu (duże opory toczenia).

Siła oporów wzniesienia F_w pojawia się podczas poruszania się pojazdu pod górę i wyraża się wzorem

$$F_w = G \cdot w \quad [\text{kN}] \quad (1.8)$$

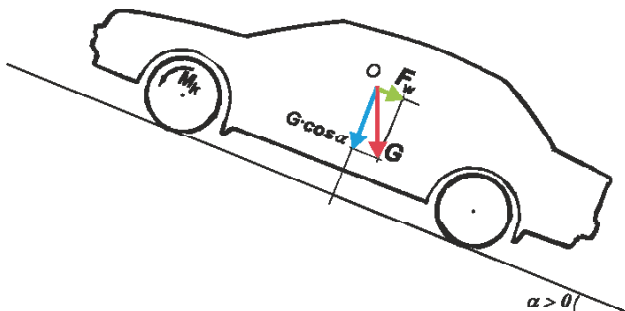
gdzie:

w – współczynnik oporów wzniesienia (uzależniony od kąta nachylenia podłużnego drogi) [%]

Oznacza to, że siła oporów wzniesienia będzie tym większa, im większy jest kąt nachylenia drogi. Trudniej też pokonać wzniesienie pojazdem o większym ciężarze, np. z ładunkiem. Siła oporów wzniesienia jest równoległa do nawierzchni i skierowana przeciwnie do kierunku ruchu pojazdu (rys. 1.29).

Siła oporów powietrza F_p , skierowana przeciwnie do kierunku ruchu pojazdu, powstaje w wyniku działania:

- parcia powietrza na powierzchnię czołową pojazdu;
- oporów tarcia powietrza o zewnętrzne powierzchnie nadwozia;
- oporów tarcia powietrza przepływającego pod podwoziem pojazdu;
- oporów przepływu powietrza przez urządzenia wewnętrzne pojazdu (np. układ przewietrzania kabiny, chłodnicę cieczy chłodzącej).



Rys. 1.29

Siła oporów wzniesienia przyłożona w środku masy O pojazdu z przednim napędem, pokonującego wzniesienie o kącie nachylenia $\alpha > 0$

Siłę oporów powietrza można wyrazić wzorem

$$F_p = c_x \cdot S \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{N}] \quad (1.9)$$

gdzie:

S – pole powierzchni czołowej pojazdu [m^2],

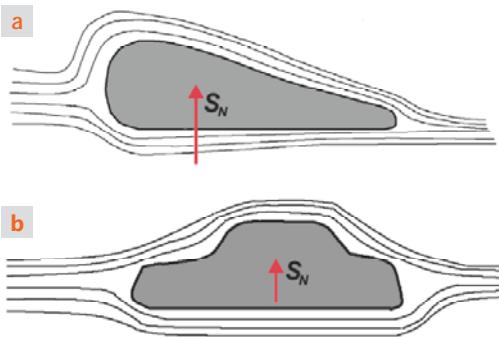
v – prędkość pojazdu [m/s],

ρ – gęstość powietrza [kg/m^3] (dla temperatury powietrza $+15^\circ\text{C}$ i ciśnienia atmosferycznego 1013,25 hPa przyjmuje się wartość $1,226 \text{ kg/m}^3$),

c_x – współczynnik oporów aerodynamicznych uzależniony od kształtu nadwozia.

Ponieważ zmiana gęstości powietrza w zależności od warunków atmosferycznych ma niewielkie znaczenie, siła jego oporów zależy głównie od kształtu i wielkości nadwozia (c_x , S) oraz kwadratu prędkości pojazdu (v^2). Jak łatwo obliczyć: gdy zwiększa się dwukrotnie prędkość pojazdu, opory powietrza wzrastają czterokrotnie. Z kolei czterokrotne zwiększenie prędkości, np. od 30 do 120 km/h, skutkuje aż szesnastokrotnym wzrostem oporów powietrza. Stąd też w zakresie dużych prędkości pojazdu największe znaczenie ma właśnie siła oporów powietrza.

Podczas ruchu pojazdu część powietrza przeciska się pod jego podwoziem. Rozdzielony strumień powietrza ma do pokonania różną drogę (górną – dłuższą, dolną – krótszą). Skutkuje to zróżnicowaniem prędkości przepływu oraz wartości ciśnienia, podobnie jak podczas przepływu powietrza wokół skrzydła samolotu. Efektem tego zjawiska jest powstawanie niekorzystnej pod względem trakcyjnym siły nośnej S_N , zmniejszającej przyczepność kół do nawierzchni (rys. 1.30). Zjawisko to, a w zasadzie jego odwrotność, wykorzystuje się w sporcie samochodowym. Przykładem może być zastosowanie spojlerów w samochodach wyścigowych Formuły 1. Mają one kształt odwróconego skrzydła samolotu, co powoduje powstawanie w czasie jazdy siły zwiększającej nacisk, a tym samym – przyczepność kół do nawierzchni. Skraca to drogę hamowania oraz umożliwia pokonywanie zakrętów z większą prędkością. Z drugiej strony spojlerzy zwiększają siłę oporów powietrza i dlatego, aby znaleźć optymalne rozwiązanie, ich położenie jest regulowane. Tylony spojler może mieć do 20 różnych ustawień, a przedni – nawet 100. Na torach składających się z długich prostych i szybkich łuków nachylenie skrzydła jest minimalne, aby uzyskać jak najmniejszy opór i jak największe prędkości. Z myślą o torach z wieloma ciasnymi zakrętami elementy



Rys. 1.30 Powstawanie siły nośnej
a – na skrzydle samolotu, b – na nadwoziu pojazdu

skrzydła ustawiane są bardziej pionowo, by zapewnić jak najlepszą przyczepność i umożliwić pokonywanie zakrętów z jak największą prędkością.

Wypadkowa prędkość przepływu powietrza działa na pojazd (poruszający się z prędkością v) pod określonym kątem, ponieważ prędkość jazdy oraz prędkość wiatru nie muszą być zgodne z osią podłużną samochodu (rys. 1.31). Skutkuje to pojawieniem się jeszcze jednej siły aerodynamicznej – bocznej siły naporu B . Trzy siły aerodynamiczne: siła oporów powietrza F_p , siła nośna S_N

Podręcznik do kształcenia w zawodach
technik pojazdów samochodowych
mechanik pojazdów samochodowych



Marek Gabryelewicz

Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych

2

Budowa, obsługa, diagnostyka i naprawa

Kwalifikacja MG.18

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa

Projekt okładki i wnętrza książki: *Dariusz Litwiniec*

Zdjęcie na okładce: *ZF Friedrichshafen AG*

Redaktor merytoryczny: *mgr inż. Jacek Łęgiiewicz*

Opracowanie językowe: *mgr Barbara Gluch*

Redaktor techniczny: *mgr inż. Ewa Kęsicka*

Korekta: *Zespół*

Jeśli nie zaznaczono inaczej, autorem zdjęć jest *Marek Gabryelewicz*

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. Tomasza Karpowicza, mgr. Jerzego Mormula i mgr. inż. Roberta Wanica.*

Typy szkół: **branżowa szkoła I stopnia i technikum.**

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

Kwalifikacja: **MG.18. Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.**

Rok dopuszczenia: **2018**

629.11.011 (075)

Bogato ilustrowany podręcznik poświęcony podstawom budowy, diagnostowania i naprawy podwozi oraz nadwozi pojazdów samochodowych. Przedstawiono w nim zagadnienia dotyczące klasyfikacji, identyfikacji i podstawowych własności trakcyjnych pojazdów samochodowych, podstaw ich eksploatacji, obsługi i naprawy, budowy, diagnostowania i naprawy układów: przeniesienia napędu, hamulcowego, kierowniczego i jezdnego. Opisano także ramy i nadwozia pojazdów samochodowych, przyczepy i naczepy, motocykle oraz najważniejsze układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Materiał nauczania zilustrowano przykładami nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych oraz schematami blokowymi obrazującymi tok postępowania podczas oceny stanu technicznego i poszukiwania przyczyn niesprawności pojazdu. Na końcu każdego rozdziału zamieszczono ćwiczenia i testy kontrolne (z prawidłowymi odpowiedziami na końcu książki), umożliwiające sprawdzenie stopnia opanowania podanych wiadomości.

ISBN 978-83-206-2001-6

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności spółka z o.o., Warszawa 2018

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 we fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym także 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

tel. 22-849-27-51, fax 22-849-23-22

e-mail wkl@wkl.com.pl

Księgarnia internetowa www.wkl.com.pl

Prowadzimy sprzedaż książek w siedzibie firmy

Wydanie 1. Warszawa 2018

Objętość (cz. 1 i 2) 45 ark. wyd. Nakład 1400 egz.

Skład i łamanie: ALINEA

Druk i oprawa: Drukarnia TREND

e-mail: drukarniatrend@wp.pl

5	Układ kierowniczy	5
5.1	Wiadomości wstępne	5
5.2	Stateczność ruchu samochodu	6
5.3	Rodzaje układów kierowniczych	9
5.4	Budowa układu kierowniczego	10
5.4.1	Mechanizm kierowniczy	11
5.4.2	Mechanizm zwrotniczy	26
5.4.3	Mechanizmy wspomagania układu kierowniczego	36
5.5	Parametry diagnostyczne określające ustawienie kół i osi pojazdu	42
5.5.1	Zbieżność kół	43
5.5.2	Kąt pochylenia koła	46
5.5.3	Kąt pochylenia osi sworznia (obrotu) zwrotnicy	49
5.5.4	Kąt wyprzedzenia osi sworznia (obrotu) zwrotnicy	51
5.5.5	Kąty skrętu kół kierowanych (kontrolne i maksymalne)	53
5.5.6	Ustawienie osi pojazdu	54
5.5.7	Sumaryczny luz układu kierowniczego	57
5.5.8	Opory skrętu kół kierowanych	57
5.6	Specjalne układy kierownicze	57
5.7	Aktywne układy kierownicze	60
5.8	Obsługa i naprawa układu kierowniczego	64
5.9	Materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne stosowane w układach kierowniczych ..	97
5.10	Sprawdzenie wiadomości	100
6	Układ jezdny	104
6.1	Drgania pojazdu oraz ich wpływ na komfort i bezpieczeństwo jazdy	104
6.2	Układ zawieszenia	109
6.2.1	Rodzaje zawieszzeń pojazdów	109
6.2.2	Zawieszenia ze stalowymi elementami sprężystymi	122
6.2.3	Zawieszenia z elementami sprężystymi z gumy i tworzyw sztucznych	149
6.2.4	Zawieszenia hydroelastyczne	150
6.2.5	Zawieszenia z pneumatycznymi elementami sprężystymi	151
6.2.6	Zawieszenia hydropneumatyczne	165
6.2.7	Aktywne zawieszenia elektromagnetyczne	174
6.2.8	Zawieszenia półaktywne z regulacją tłumienia	175
6.2.9	Obsługa i naprawa układu zawieszenia	176
6.3	Koła	189
6.3.1	Budowa i rodzaje ogumienia	191
6.3.2	Oznaczenia opon	203
6.3.3	Wymagania w stosunku do ogumienia	208
6.3.4	Obręcze	216
6.3.5	Układ kontroli ciśnienia i centralnego pompowania kół	221
6.3.6	Obsługa i naprawa kół	224
6.4	Materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne stosowane w układzie jezdnym	240
6.5	Sprawdzenie wiadomości	242

7	Ramy	246
7.1	Budowa i zadania ram	246
7.2	Sprawdzanie i naprawa ram	252
7.3	Sprawdzenie wiadomości	254
8	Nadwozia pojazdów samochodowych	256
8.1	Wiadomości wstępne	256
8.2	Nadwozia samochodów osobowych i pochodnych	257
8.2.1	Podział nadwozi	257
8.2.2	Budowa nadwozi	265
8.3	Nadwozia autobusów	275
8.3.1	Podział nadwozi autobusów	275
8.3.2	Budowa nadwozi autobusów	278
8.4	Nadwozia samochodów ciężarowych	279
8.4.1	Kabiny	280
8.4.2	Nadwozia użytkowe uniwersalne	283
8.4.3	Nadwozia użytkowe specjalizowane	285
8.4.4	Nadwozia użytkowe wymienne	286
8.5	Nadwozia samochodów ciężarowych specjalnych	288
8.6	Sprawdzanie, naprawa i konserwacja nadwozi	288
8.7	Materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne stosowane w nadwoziach	296
8.8	Sprawdzenie wiadomości	298
9	Przyczepy i naczepy	299
9.1	Przyczepy	299
9.2	Naczepy	304
9.3	Sprawdzenie wiadomości	306
10	Motocykle	308
10.1	Rodzaje motocykli	308
10.2	Ogólna budowa motocykla	312
10.3	Obsługa i naprawa motocykla	325
10.4	Sprawdzenie wiadomości	328
11	Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy	330
11.1	Układy bezpieczeństwa czynnego i komfortu jazdy	330
11.2	Układy bezpieczeństwa biernego	353
11.3	Diagnostyka, obsługa i naprawa układów bezpieczeństwa i komfortu jazdy	372
11.4	Sprawdzenie wiadomości	378
	Bibliografia	380
	Rozwiązania testów i ćwiczeń kontrolnych	388

Wiadomości wstępne

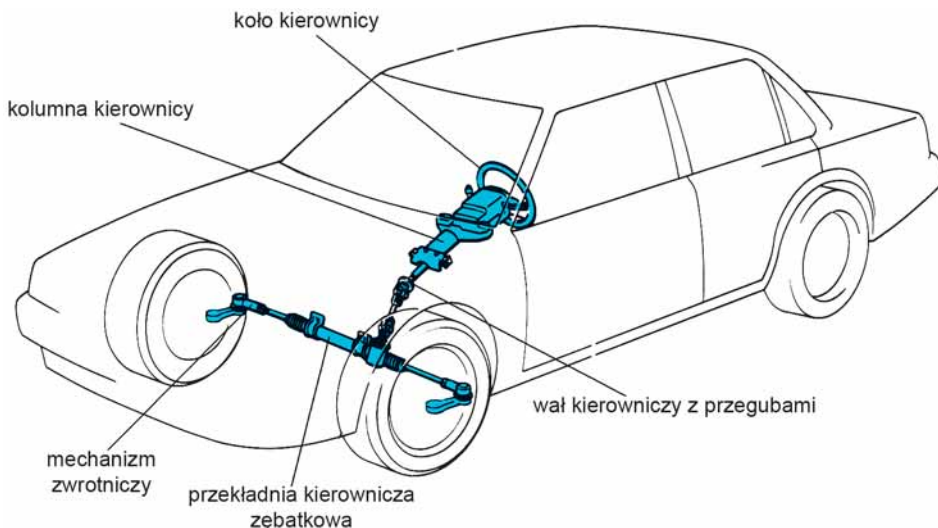
5.1

W tym rozdziale dowiemy się:

- jakie zadania wykonuje układ kierowniczy w pojeździe samochodowym,
- z jakich mechanizmów składa się układ kierowniczy,
- jakie wymagania stawia się układowi kierowiczemu.

Układ kierowniczy (rys. 5.1) umożliwia kierowcy nadanie, kontrolowanie i utrzymanie wymaganego kierunku ruchu pojazdu przez odpowiednie ustawienie kół kierowanych. Ten układ składa się na ogół z:

- **mechanizmu kierowniczego**, służącego kierowcy do ustawienia kół kierowanych pojazdu pod kątem potrzebnym do uzyskania wymaganego kierunku jazdy i składającego się z koła kierownicy, kolumny kierownicy (obudowy i przegubowego wału kierownicy) oraz przekładni kierowniczej i ramienia przekładni;
- **mechanizmu zwrotniczego**, służącego do ustawienia kół kierowanych względem siebie pod takimi kątami, aby ich toczenie po łuku odbywało się poprawnie pod względem kinematycznym, i składającego się z drążka podłużnego, drążków poprzecznych, wspornika drążków, ramion zwrotnic i zwrotnic;



Rys. 5.1 Układ kierowniczy samochodu osobowego [58]

- **mechanizmu wspomagania**, ułatwiającego kierowanie pojazdem i zmniejszającego związany z tym wysiłek kierowcy kosztem energii (np. elektrycznej), pobieranej z zewnętrznego źródła.

Aby sprostać stawianym zadaniom, układ kierowniczy musi spełnić następujące wymagania:

- zmiana kierunku ruchu powinna odbywać się szybko, łagodnie i płynnie;
- kierowanie pojazdem powinno być możliwe przy użyciu małych sił przykładowych przez kierowcę do koła kierownicy;
- podczas jazdy po łuku odpowiednie kąty skrętu każdego z kół kierowanych powinny zapewniać ich toczenie bez poślizgów bocznych;
- po zakończeniu manewru skrętu koła kierowane powinny samoczynnie powrócić do położenia odpowiadającego jeździe na wprost i utrzymać ten kierunek jazdy;
- pionowe przemieszczenia kół, związane z pracą zawieszenia podczas jazdy po nierównościach drogi, nie mogą wpływać na zmianę kierunku ruchu;
- siły wywołane nierównościami drogi, przyłożone do kół pojazdu, nie powinny być odczuwalne na kole kierownicy.

5.2 Stateczność ruchu samochodu

W tym rozdziale dowiemy się:

- jakie cechy wpływają w decydujący sposób na kierowanie pojazdem,
- na czym polegają zjawiska nadsterowności i podsterowności,
- co to jest neutralna charakterystyka prowadzenia pojazdu.

Cechami konstrukcyjnymi i eksploatacyjnymi, mającymi decydujący wpływ na kierowanie pojazdem, są:

- zwrotność,
- kierowność,
- stabilizacja kół kierowanych,
- stateczność.

Zwrotność pojazdu to łatwość wykonywania skrętów o małym promieniu, umożliwiająca manewrowanie na ograniczonej przestrzeni.

Kierowność to zdolność do utrzymania żądanego kierunku ruchu i zmian tego kierunku zgodnie z wolą kierowcy.

Stabilizacja kół kierowanych samochodu to zdolność skręconych kół kierowanych do samoczynnego powrotu w czasie jazdy do położenia na wprost oraz zdolność do utrzymania prostoliniowego toru ruchu na poziomej drodze. Moment stabilizacyjny, działający na koła, pochodzi od sił reakcji podłoża i jest uzyskiwany dzięki sprężystości opon oraz odpowiedniemu ustawieniu osi obrotu zwrotnic.

Stateczność ruchu samochodu to cecha polegająca na samoczynnym dążeniu do utrzymania wybranego przez kierowcę kierunku jazdy w sytuacji zadziałania bodźca zewnętrznego, spychającego pojazd z zamierzonego toru. Samochód odznaczający się nieodpowiednią statecznością jest trudny w prowadzeniu i wymaga szczególnego sku-

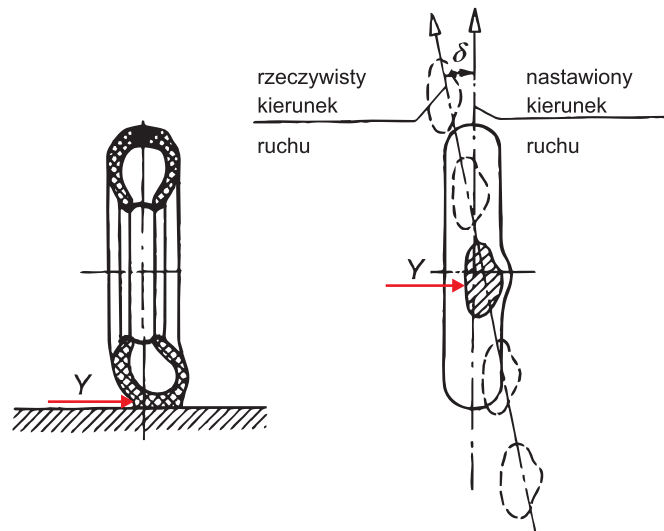
pienia uwagi ze strony kierowcy. Utrata stateczności jest bardzo niebezpieczna, a może być spowodowana m.in.:

- działaniem bocznego wiatru, szczególnie odczuwalnym podczas wyjazdu z osłoniętego terenu, np. lasu, na otwartą przestrzeń;
- przekroczeniem dopuszczalnej prędkości pojazdu na zakręcie i wpadnięciem w boczny poślizg;
- najechaniem na nierówności lub inne przeszkody na drodze;
- odkształceniem sprężystym opon podczas jazdy po łuku.

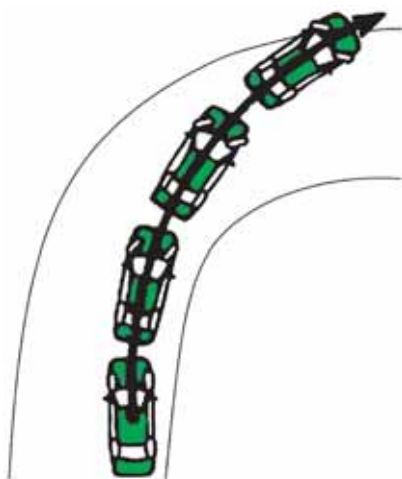
Gdy analizuje się toczenie się koła ogumionego po łuku, należy zdać sobie sprawę z jego odkształcenia sprężystego, wywołanego siłami bocznymi – Y . Te siły są przyczyną poprzecznych do kierunku ruchu **mikropoślizgów** powodujących przesuwanie się miejsca przylegania bieżnika do nawierzchni drogi. Konsekwencją tego jest zjawisko odchylenia rzeczywistego kierunku ruchu koła od kierunku nadanego przez kierowcę, zwane **bocznym znoszeniem opon** (rys. 5.2).

Różnice w zachowaniu się pojazdu na drodze pod wpływem znoszenia bocznego wynikają ze szczególnych cech, określanych mianem **nadsterowności** i **podsterowności**. Występują one wyraźnie zwłaszcza podczas pokonywania zakrętu z nadmierną prędkością. Sprzyja temu także nawierzchnia drogi o zmniejszonej przyczepności (np. mokra lub oblodzona).

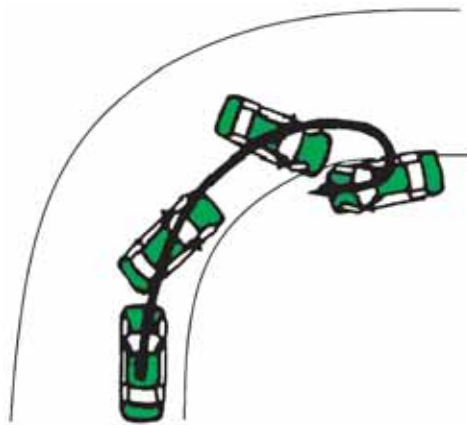
Samochód podsterowny ma tendencję do zwiększania promienia skrętu. Przednie koła tracą przyczepność wcześniej niż tylne. Pojazd jest wypychany z zakrętu i wyjeżdża z łuku na zewnątrz pomimo skręcenia kół (patrz rys. 5.3). Kierowca ma wrażenie, jakby pojazd reagował z opóźnieniem na skręt kołem kierownicy. W celu utrzymania założonego kierunku ruchu kierowca musi zwiększać kąt skrętu przednich kół kierowanych. Odzyskaniu kierowności pomaga także zmniejszenie nacisku na pedał przyśpieszenia, sprzyjające dociężeniu przedniej osi i odzyskaniu przyczepności przednich kół. Charakterystyka podsterowna jest na ogół zgodna z oczekiwaniem i reakcją przeciętnego kierowcy, dlatego większość obecnie produkowanych samochodów jest konstruowana jako podsterowne.



Rys. 5.2 Zjawisko bocznego znoszenia opony samochodowej
 δ – kąt bocznego znoszenia koła,
 Y – reakcja boczna działająca na koło



Rys. 5.3 Zachowanie samochodu podsterownego podczas jazdy na zakręcie – wyjazd na zewnątrz, czyli poszerzanie zakrętu [90], [201]



Rys. 5.4 Zachowanie samochodu nadsterownego podczas jazdy na zakręcie – zmniejszenie promienia skrętu, czyli zacieśnianie zakrętu [90], [201]

Zjawisko nadsterowności jest przeciwieństwem podsterowności. **Samochód nadsterowny** ma tendencję do zmniejszania promienia skrętu, czyli zacieśniania łuku podczas jazdy na zakręcie. W chwili skrętu kół pojazdu jego przód wchodzi w zakręt mocniej niż tył. W rezultacie „tył zaczyna wyprzedzać przód”, a obrót pojazdu wokół własnej osi spycha go na wewnętrzny pas ruchu lub pobocze po wewnętrznej stronie zakrętu (rys. 5.4). Dzieje się tak dlatego, że tylne koła tracą przyczepność wcześniej niż przednie. Ta sytuacja może mieć miejsce również w przypadku, gdy tylne koła nie utracą przyczepności, a jedynie na skutek odkształcenia opon wystąpią ich mikropoślizgi. Takie zachowanie jest charakterystyczne dla większości pojazdów z tylnym napędem, w których tylne koła są na ogół niedociążone i pchają cały samochód. Aby utrzymać odpowiedni kierunek ruchu, prowadzący pojazd musi reagować zmniejszeniem kąta skrętu kół, co dla mniej doświadczonego kierowcy może być trudne. Naciśnięcie w tej sytuacji pedału hamulca również nie sprzyja odzyskaniu kierowności pojazdu. Towarzysząca hamowaniu siła bezwładności jeszcze bardziej odciąża tylne koła, które wcześniej utraciły przyczepność.

Samochody podsterowne i nadsterowne będą zachowywały się różnie także w ruchu prostoliniowym w chwili nagłego przyłożenia siły bocznej (np. przy podmuchu wiatru).

Dzięki różnorodnym zabiegom konstrukcyjnym (np. w samochodach wyścigowych) można ograniczyć zjawisko nadsterowności lub podsterowności i uzyskać **neutralną charakterystykę** prowadzenia pojazdu. Z myślą o samochodzie nadsterownym będą temu służyć wszelkie korekty zwiększające przyczepność tylnej osi lub zmniejszające przyczepność przedniej osi. Przykładami takich działań mogą być zwiększenie sztywności (średnicy) przedniego stabilizatora lub wzrost twardości przednich amortyzatorów. Analogiczny efekt można uzyskać dzięki zmniejszeniu sztywności tylnego stabilizatora lub zastoso-

waniu tylnych amortyzatorów o tzw. miękkiej charakterystyce. Większej przyczepności opon tylnych kół będzie również sprzyjać podwyższenie ich temperatury w wyniku obniżenia ciśnienia wypełniającego je powietrza. W celu osiągnięcia charakterystyki neutralnej samochodu podsterownego należy podjąć działania odwrotne do opisanych.

Rodzaje układów kierowniczych

5.3

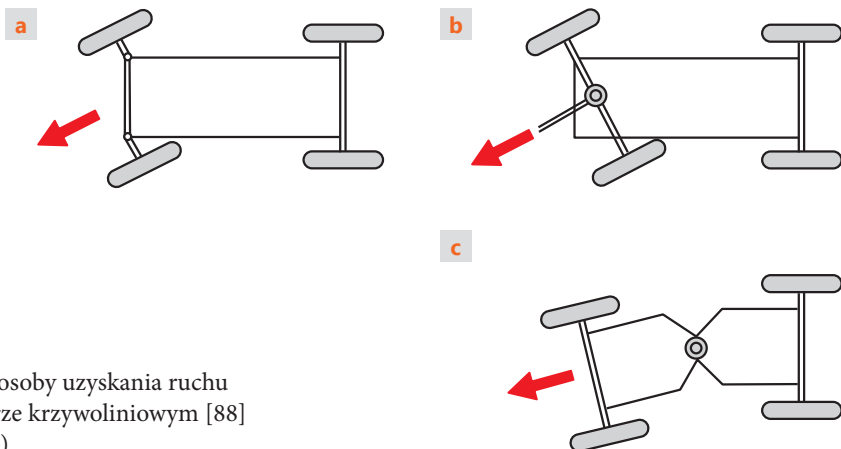
W tym rozdziale dowiemy się:

- w jaki sposób uzyskuje się ruch pojazdu po torze krzywoliniowym,
- jakie rodzaje przekładni kierowniczych stosuje się w pojazdach samochodowych,
- w jaki sposób realizuje się skręt kół więcej niż jednej osi pojazdu,
- na czym polega idea aktywnego układu kierowniczego.

Ruch pojazdu po torze krzywoliniowym można uzyskać przez:

- skręt kół kierowanych wokół sworzni zwrotnic (rys. 5.5a);
- obrót całej osi kół, np. obrotnicy w przyczepie (rys. 5.5b);
- zmianę kąta załamania w przegubie łączącym dwa człony pojazdu przegubowego (rys. 5.5c);
- zmianę prędkości obracania się kół jednej strony pojazdu (przyhamowanie) względem drugiej – rozwiązanie stosowane np. w pojazdach gąsienicowych.

Podział układów kierowniczych można przeprowadzić ze względu na zastosowany typ przekładni kierowniczej, która na wyjściu może generować ruch obrotowy lub postępowy. W starszych rozwiązaniach przekładnia kierownicza zamieniała ruch obrotowy kierownicy na podobny ruch obrotowy ramienia kierowniczego. Powszechnie stosowano **przekładnie, ślimakowe** oraz **ślimakowe globoidalne**. Ich udoskonaloną wersją stała się **przekładnia śrubowo-kulkowa**, w której moment obrotowy układu gwint-nakrętka jest przenoszony przez kulki łożyskowe. Przekładnie tego typu można spotkać dzisiaj w pojazdach ze sztywną przednią osią i napędem tylnych kół (np. ciągniki rolnicze) lub w pojazdach z niezależnym przednim zawieszeniem i napędem tylnych kół.



Rys. 5.5 | Sposoby uzyskania ruchu pojazdu po torze krzywoliniowym [88] (opis w tekście)

Rozwiązaniem stosowanym powszechnie we współczesnych pojazdach samochodowych jest układ kierowniczy z **zębatkową przekładnią kierowniczą**, pozwalającą zamienić ruch obrotowy kierownicy bezpośrednio na ruch postępowy zębátky.

Zależnie od zastosowanego typu przekładni kierowniczej, jej umiejscowienia oraz rodzaju zawieszenia kół kierowanych (sztywna oś lub zawieszenie niezależne) stosuje się różną konstrukcję **trapezu** lub **trójkąta mechanizmu zwrotniczego**, stanowiących układ połączonych ze sobą drążków (patrz rys. 5.30 i 5.40).

W starszych rozwiązaniach stosowano **układy kierownicze bez wspomagania**, co wymagało od kierowcy znacznego wysiłku podczas wykonywania manewrów pojazdem. We współczesnych pojazdach samochodowych układ kierowniczy jest najczęściej **wspomagany hydraulicznie, elektrohydraulicznie lub elektrycznie**.

Niektóre pojazdy, a zwłaszcza ciężarowe lub autobusy, są wyposażone w **specjalny układ kierowniczy umożliwiający jednoczesny skręt kół kilku osi pojazdu**. Takie rozwiązanie zapewnia dużą zwrotność, zwłaszcza długich pojazdów członowych. Odpowiednia konstrukcja układu drążków mechanizmu zwrotniczego pozwala na skręt kół drugiej osi. Gdy kierowane są jednocześnie koła przedniej i tylnej osi, mechanizm zwrotniczy skręca koła tylne w przeciwną stronę niż koła przednie. Jeżeli kierowane są jednocześnie koła dwóch przednich osi, skręt następuje w tę samą stronę.

W **aktywnych układach kierowniczych** przełożenie przekładni kierowniczej jest uzależnione od prędkości jazdy. Przy małych prędkościach, np. podczas parkowania, przełożenie jest mniejsze, co znacznie ułatwia manewrowanie pojazdem. Wraz ze wzrostem prędkości rośnie również przełożenie: zmniejsza się czułość układu na ruch kierownicy.

Zintegrowany aktywny układ kierowniczy jest udoskonaleniem specjalnych układów kierowniczych stosowanych w samochodach osobowych. Rozwiązanie to pozwala na jednoczesny skręt kół przedniej i tylnej osi. Zależnie od prędkości pojazdu tylne koła są skręcane w takim samym lub przeciwnym kierunku niż koła przednie (patrz podrozdz. 5.7).

Rozwiązaniem, które w niedalekiej przyszłości będzie zapewne stosowane w pojazdach samochodowych, jest **elektryczny układ kierowniczy**. Połączenia mechaniczne między kołami a kierownicą zostaną w nim zastąpione przewodami elektrycznymi.

5.4 Budowa układu kierowniczego

W tym rozdziale dowiemy się:

- jak jest zbudowany układ kierowniczy,
- z jakich elementów składa się mechanizm kierowniczy i mechanizm zwrotniczy,
- jakie rodzaje mechanizmów wspomagania układu kierowniczego stosuje się w pojazdach samochodowych.

Klasyczny układ kierowniczy w przypadku sztywnej przedniej osi przedstawiono na rysunku 5.6. Wchodzący w jego skład **mechanizm kierowniczy** składa się z:

- **koła kierownicy,**
- **wału kierownicy,**



Rys. 5.7

Przykładowe rozwiązania koła kierownicy
 a – koło czteroramienne, b – koło trójramienne,
 c – budowa koła kierownicy;

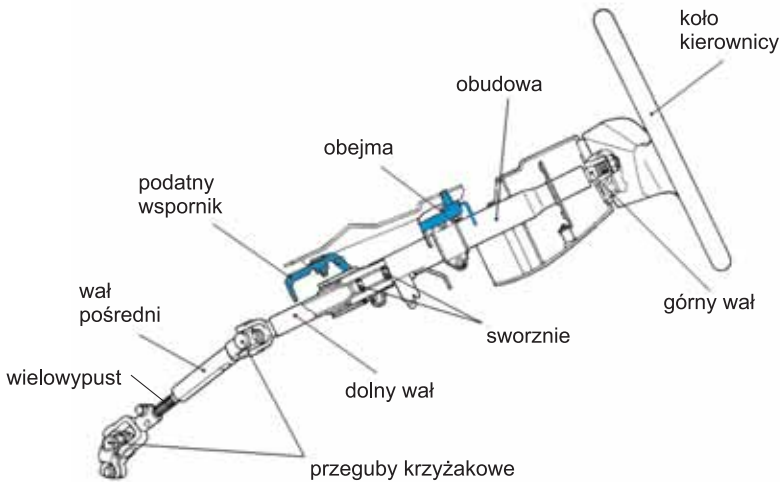
1 – zespół poduszki gazowej kierowcy pełniący jednocześnie funkcję przycisku sygnału dźwiękowego, 2 – przełączniki do obsługi urządzeń audio, 3 – szkielet ze stalowych prętów, 4 – warstwa usztywniającej pianki poliuretanowej, 5 – warstwa elastycznej pianki polietylenowej, 6 – zewnętrzne pokrycie z tworzywa sztucznego (skaj)

mm dla samochodów ciężarowych i autobusów. Po osadzeniu kierownicy na wale dokręca się ją centralną nakrętką zabezpieczoną przed samoodkręceniem. Na kole kierownicy jest montowany na wcisk, za pomocą specjalnych zaczepów, zespół poduszki gazowej, umieszczony w obudowie z tworzywa sztucznego. W razie zadziałania i napełnienia się poduszki następuje automatyczne rozerwanie obudowy. Zespół poduszki gazowej może również pełnić funkcję przycisku sygnału dźwiękowego. Koło kierownicy ma najczęściej trzy lub cztery ramiona. Ich rozmieszczenie musi gwarantować dobrą widoczność wskaźników i lampek kontrolnych na tablicy rozdzielczej. W pojazdach wyposażonych w zautomatyzowaną skrzynkę biegów mogą przy lub na kole kierownicy znajdować się łopatki lub przyciski wyboru biegu. Umieszczenie w kole kierownicy różnych przełączników przekłada się na dostęp do nich bez konieczności odrywania rąk od kierownicy (np. obsługa urządzeń audio – patrz rys. 5.7b).

Kolumna kierownicy

Kolumna kierownicy składa się z przymocowanej do nadwozia **obudowy** oraz łożyskowego **wału kierownicy**, przenoszącego moment obrotowy z koła kierownicy do przekładni kierowniczej. W górnej części wał kierownicy jest zakończony wielowypustem, służącym do osadzenia koła kierownicy oraz gwintem, na który jest nakręcana centralna nakrętka mocująca koło do wału. Wał kierownicy może być wykonany w całości, jako jeden element, a także jako dzielony. Wały dzielone (najczęściej dwu- lub trzyczęściowe) są łączone za pomocą przegubów krzyżakowych lub wielowypustów.

Przedstawiony na rysunku 5.8 przykładowy trzyczęściowy wał kierownicy składa się z **wałów górnego i dolnego**, połączonych sworzniami, oraz z **wału pośredniego**. **Dolna końcówka wału pośredniego**, osadzona na wielowypuście, pozwala na zmianę jego długości,



Rys. 5.8 Kolumna kierownicy z trzyczęściowym wałem [58]

a dwa **przeguby krzyżakowe** umożliwiają zmianę kąta przeniesienia momentu obrotowego. Wał kierownicy powinien – z jednej strony – odznaczać się dużą sztywnością na skręcanie, aby wyeliminować elastyczność układu kierowniczego, jednak – z drugiej strony – musi odkształcić się w trakcie zderzenia pojazdu w odpowiedni sposób, założony z góry.

Pomiędzy dolnym końcem wału kierownicy lub wału pośredniego a przekładnią kierowniczą umieszcza się często przegub elastyczny, który kompensuje niewielkie odchylenia kątowe, a jednocześnie minimalizuje drgania przenoszone na koło kierownicy, wywołane jazdą po nierównościach drogi.

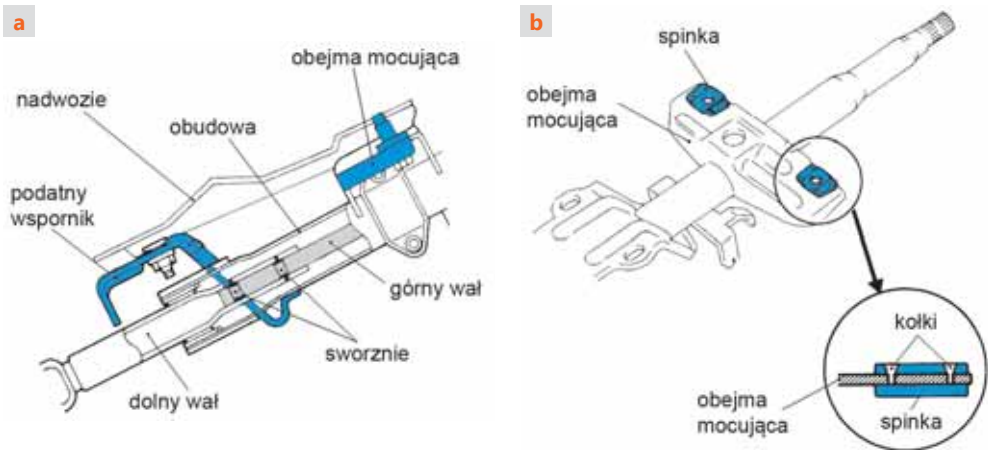
Wał kierownicy jest ułożyskowany w obudowie przykręcanej do nadwozia za pomocą obejm lub wsporników. Kolumna kierownicy jest wyposażona w wiele dodatkowych mechanizmów, np.:

- **mechanizm energochłonny**,
- **mechanizm blokady kierownicy**,
- **mechanizmy regulacyjne** (kąta pochylenia lub wysięgu koła kierownicy).

Mechanizm energochłonny absorbuje energię sił działających wzdłuż wału kierownicy na kierowcę w chwili zaistnienia wypadku drogowego (np. zderzenia czołowego) oraz umożliwia przemieszczenie się całej kolumny w kierunku przegrody czołowej. Zabezpiecza tym samym kierowcę przed zranieniem na skutek uderzenia w koło i wał kierownicy. Przykładowy mechanizm energochłonny przedstawiono na rysunku 5.9. Górna część **obudowy wału kierownicy** wraz z przyspawaną do niej **obejmą mocującą** jest przykręcona do nadwozia za pośrednictwem dwóch **spinek** z tworzywa sztucznego. Każdą spinkę przytworowano do obejmą za pomocą czterech **kołków** także wykonanych z tworzywa (patrz rys. 5.9a).

W dolnej części do obudowy jest przyspawany **podatny wspornik** przykręcony dwoma śrubami do nadwozia. **Dolny** i wsunięty w niego **górny wał kierownicy** są połączone za pomocą dwóch **sworzni** z tworzywa sztucznego (patrz rys. 5.9b).

Gdy w chwili zderzenia pojazdu z przeszkodą siła przekazywana z przekładni kierowniczej wzdłuż wału kierownicy osiągnie odpowiednio dużą wartość, następuje ścięcie



Rys. 5.9 | Przykładowy mechanizm energochłonny kolumny kierownicy z podatnym wspornikiem [60]

a – dolna część kolumny, *b* – górna część kolumny

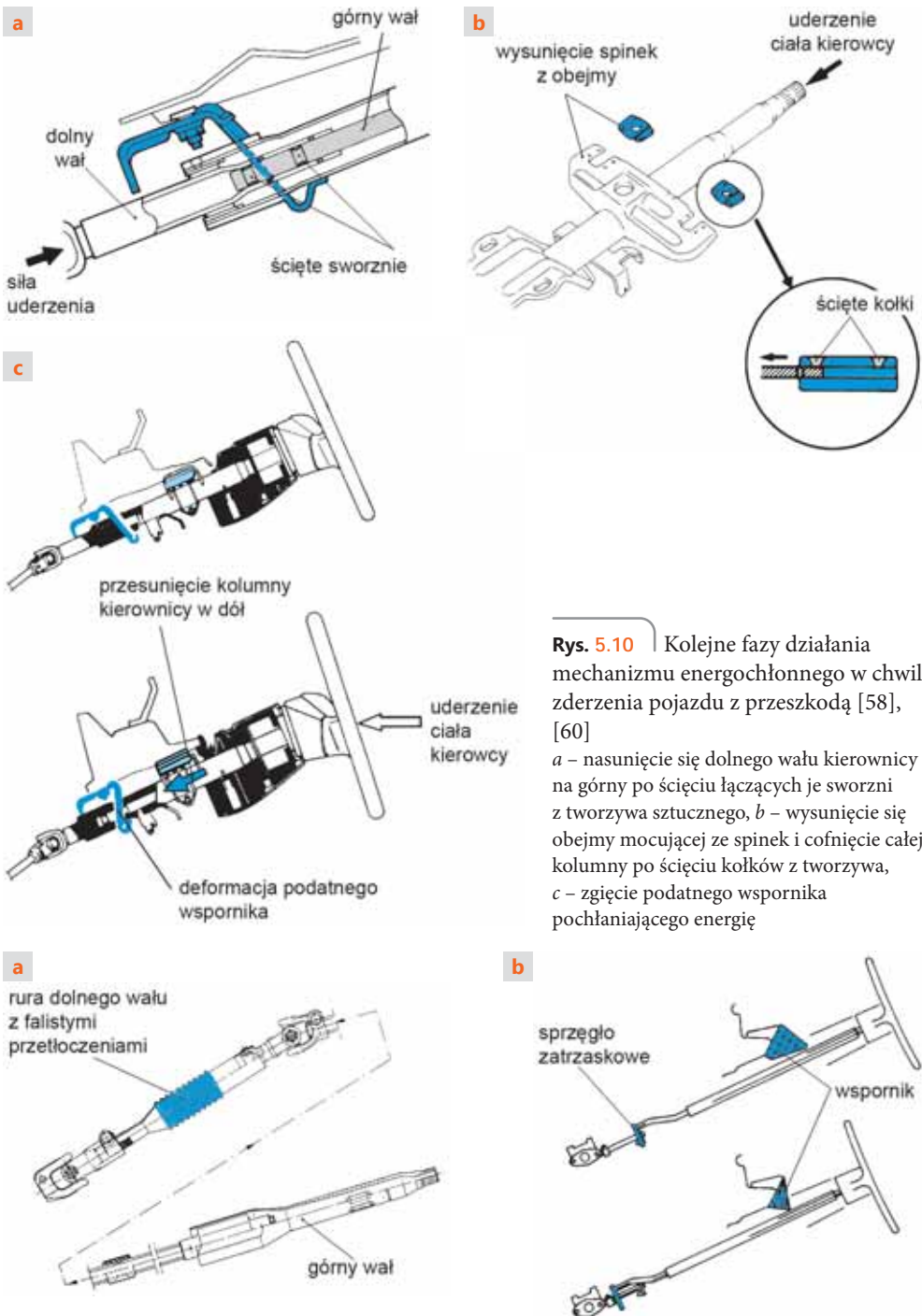
sworzni łączących obie części wału. Dolny wał nasuwa się wówczas na górny, co zapobiega gwałtownemu przemieszczeniu się koła kierownicy w kierunku kierowcy (rys. 5.10a).

W drugim etapie, gdy ciało kierowcy na skutek działania siły bezwładności uderzy w koło kierownicy, górna obejma mocująca po ścięciu kołków z tworzywa wysuwa się ze spinek (rys. 5.10b). Uwolniona kolumna (wraz z wałem i kołem kierownicy) przesuwa się następnie do dołu, przez co powoduje odkształcenie podatnego wspornika. Jego zgięcie pochłania energię przenoszoną podczas kolizji przez układ kierowniczy (rys. 5.10c).

Przedstawiony na rysunku 5.11a dwuczęściowy teleskopowy wał kierownicy ma mechanizm energochłonny wykonany w postaci rury z falistymi przetłoczeniami. W trakcie kolizji ulega ona skróceniu, ponieważ pochłania energię uderzenia. Kolumna kierownicy przedstawiona na rysunku 5.11b ma wał kierownicy ze sprzęgłem zatraskowym. Wskutek zderzenia elementy zatraskowe sprzęgła w postaci kołków ulegają rozłączeniu, dzięki czemu umożliwiają skrócenie wału. Przemieszczeniu koła kierownicy w kierunku przegrody czołowej towarzyszy także odkształcenie się wspornika w górnej części obudowy.

Mechanizm blokady kierownicy jest jednym z zabezpieczeń samochodu przed kradzieżą. Jego funkcjonowanie polega na mechanicznym zablokowaniu wału kierownicy w obudowie po wyjęciu kluczyka ze stacyjki. Działanie układu dźwigni i sprężyn skutkuje wtedy wysunięciem się rygla blokującego, który wchodzi w rowek wału kierownicy, w rezultacie czego go blokuje (rys. 5.12b). W razie uruchomienia silnika przez osoby niepowołane, np. bez użycia kluczyka stacyjki, kierowanie pojazdem nie jest możliwe. Rygiel ma również dodatkową dźwignię, która utrzymuje go w położeniu cofniętym, jeżeli kluczyk w stacyjce jest przekreślony i ustawiony w pozycji „włączony” (rys. 5.12a). Zabezpiecza to koło kierownicy przed zablokowaniem w trakcie jazdy.

W celu zwiększenia komfortu prowadzenia pojazdu kolumnę kierownicy wyposaża się w **mechanizmy regulacyjne**. Umożliwiają one zmianę kąta pochylenia kolumny lub

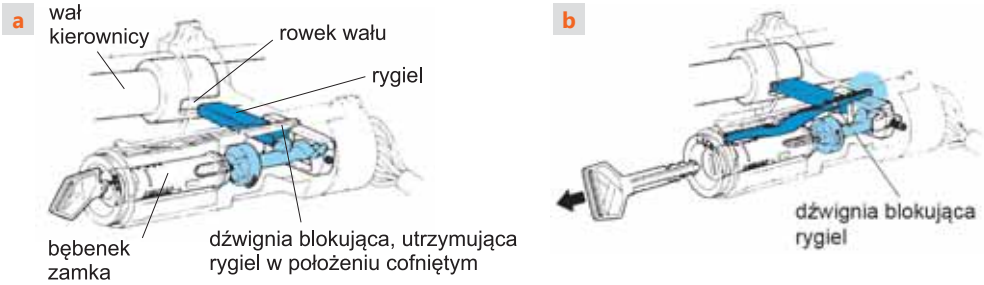


Rys. 5.10 Kolejne fazy działania mechanizmu energochłonnego w chwili zderzenia pojazdu z przeszkodą [58], [60]

a – nasunięcie się dolnego wału kierownicy na górny po ścięciu łączących je sworzni z tworzywa sztucznego, *b* – wysunięcie się obejm mocującej ze spinek i cofnięcie całej kolumny po ścięciu kołków z tworzywa, *c* – zgięcie podatnego wspornika pochłaniającego energię

Rys. 5.11 Przykładowe mechanizmy energochłonne kolumny kierownicy [90]

a – z dwuczęściowym teleskopowym wałem kierownicy i wałem pośrednim w postaci rury z falistymi przetłoczeniami, *b* – ze sprzęgłem zatrząskowym

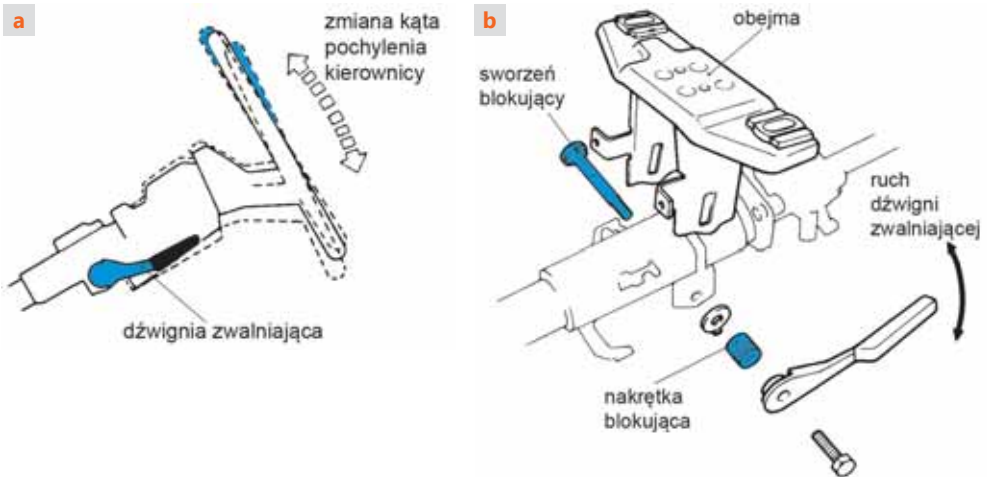


Rys. 5.12 | Przykład mechanizmu blokady kierownicy [60]

a – kierownica odblokowana, *b* – kierownica zablokowana

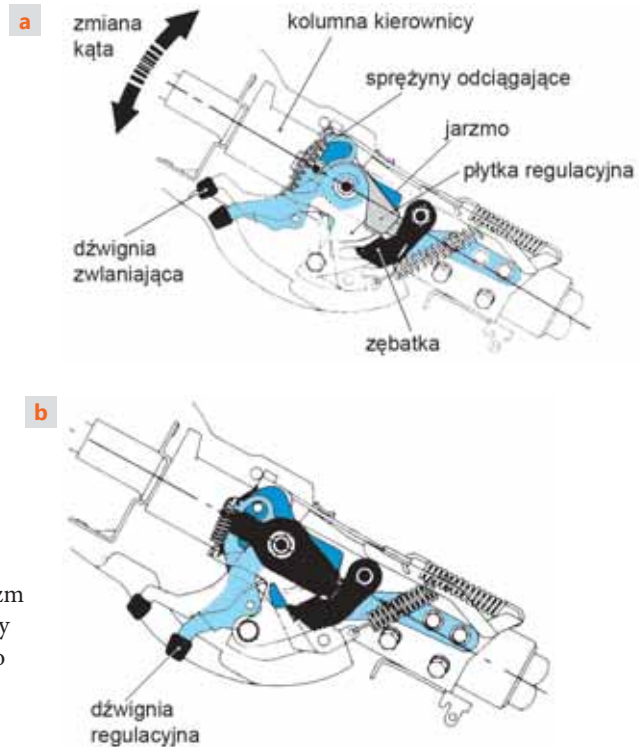
wysięgu koła kierownicy. W mechanizmie przedstawionym na rysunku 5.13 kolumna jest mocowana do obejmę za pomocą sworznia i nakrętki blokującej. Odciągnięcie w dół dźwigni zwalniającej skutkuje ich odblokowaniem. Poluzowanie elementów mocujących pozwala na zmianę pochylenia koła kierownicy wraz z kolumną dzięki przemieszczaniu się sworznia blokującego (górze – dół) w podłużnych otworach obejmę. Po ustawieniu koła kierownicy w żądanym położeniu blokuje się je: popycha dźwignię zwalniającą z powrotem ku górze.

Do blokowania położenia koła kierownicy można także zastosować zapadkę. Na rysunku 5.14 przedstawiono *zapadkowy mechanizm regulacji kąta pochylenia kolumny kierownicy z pamięcią wybranego położenia*. W pozycji zablokowanej zębatka mechanizmu zazębia się z jarzmem, przez co unieruchamia kolumnę kierownicy. Ten mechanizm ma dwie dźwignie: zwalniającą i regulacyjną. Pociągnięcie dźwigni zwalniającej skutkuje odblokowaniem kolumny przez wyzębienie zębatki z jarzma. Sprężyny odciągające automatycznie podnoszą maksymalnie kolumnę wraz z kołem kierownicy,



Rys. 5.13 | Mechanizm regulacyjny zmiany pochylenia koła kierownicy ze sworzniem i nakrętką blokującą [60]

a – widok, *b* – szczegóły budowy



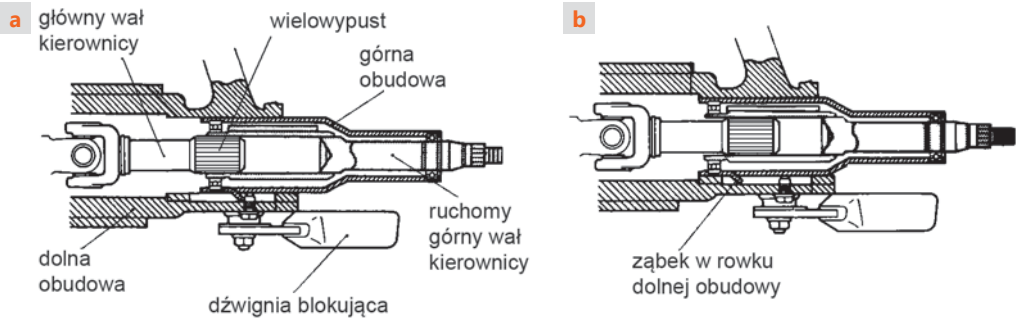
Rys. 5.14 Zapadkowy mechanizm regulacji kąta pochylecia kolumny kierownicy z pamięcią wybranego położenia [60]

a – mechanizm odblokowany,
b – mechanizm zablokowany

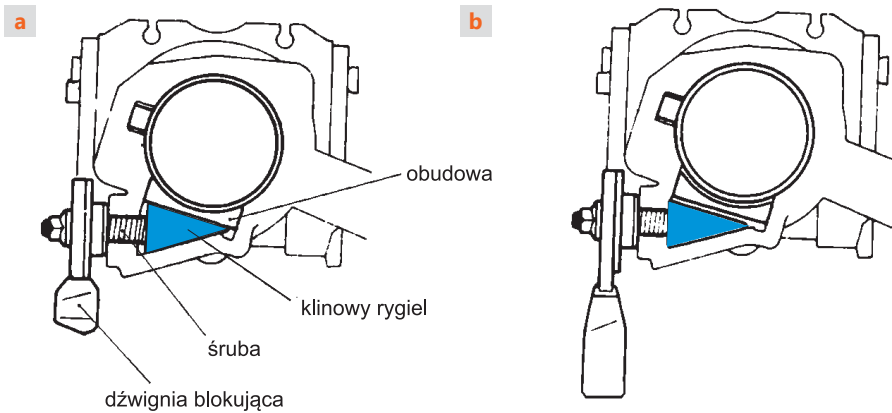
co znacznie ułatwia wsiadanie i wysiadanie z pojazdu. Gdy kierowca zajmie miejsce i zaczyna opuszczać koło kierownicy, zęby zębátki przesuwają się początkowo po płytce regulacyjnej, co uniemożliwia ich zazębienie z jarzmem. Zablokowanie kolumny, czyli zazębienie zębátki z jarzmem, następuje dopiero w momencie, gdy zęby tej pierwszej ześlizgną się z płytki regulacyjnej. Jeżeli położenie płytki regulacyjnej w stosunku do jarzma się nie zmienia, zablokowanie kolumny następuje zawsze w tym samym położeniu – mechanizm „zapamiętuje” wybraną pozycję. Aby ją zmienić, należy użyć dźwigni regulacyjnej. Po jej zwolnieniu kierowca ustala nowe położenie kolumny i koła kierownicy, jednocześnie zmieniając wzajemne położenia jarzma i płytki regulacyjnej. Powrót dźwigni regulacyjnej do pierwotnego położenia skutkuje „zapamiętaniem” nowego ustawienia koła kierownicy.

Zmianę wysięgu koła kierownicy można uzyskać za pomocą **mechanizmu teleskopowego** (rys. 5.15). Górna część wału kierownicy wraz z górną obudową są ruchome i mogą się ślizgać (wsuwać lub wysuwać) wewnątrz dolnej obudowy. Górna ruchoma część wału, z przykręconym kołem kierownicy, jest połączona z głównym (nieruchomym) wałem kierownicy za pomocą wielowypustu. Pozwala to na przenoszenie momentu obrotowego przy jednoczesnym zapewnieniu ruchu poosiowego w trakcie regulacji. Ruchoma część obudowy wraz z ruchomym wałem mogą się tylko przesuwac poosiowo. Przed ich obróceniem zabezpiecza specjalny ząbek poruszający się w rowku dolnej obudowy.

Do blokowania położenia koła kierownicy służy dźwignia. Podczas jej obrotu śruba z nią połączona dociska klinowy rygiel do powierzchni ruchomej części obudowy (patrz rys. 5.16*a*). Obrót dźwigni w drugą stronę zwalnia blokadę (patrz rys. 5.16*b*).



Rys. 5.15 Mechanizm teleskopowy zmiany wysięgu koła kierownicy [60]
 a – zwiększenie wysięgu, b – zmniejszenie wysięgu



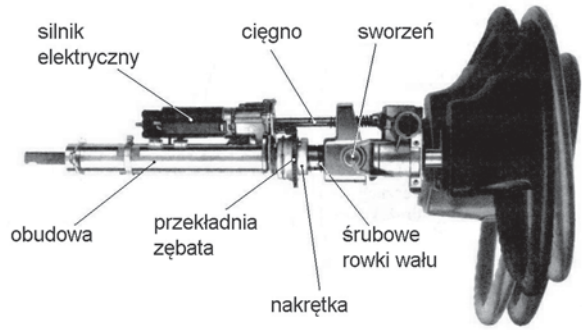
Rys. 5.16 Blokowanie mechanizmu teleskopowego za pomocą klinowego rygiel [60]
 a – mechanizm zablokowany, b – mechanizm odblokowany

Zmiana położenia koła kierownicy może być realizowana także za pomocą **mechanizmu regulacyjnego z silnikiem elektrycznym** (patrz rys. 5.17). Silnik elektryczny poprzez przekładnię zębatą obraca nakrętkę z kulkami. Kulki znajdujące się pomiędzy nakrętką a wałem przetaczają się w rowkach śrubowych wykonanych w obu elementach. Powoduje to ruch poosiowy wału i zmianę wysięgu koła kierownicy. Ten sam silnik za pomocą dodatkowego cięgna obraca górną część wału wraz z kołem kierownicy wokół sworznia, przez co powoduje zmianę ich położenia kąтового.

Przekładnia kierownicza

Przekładnia kierownicza, stanowiąca główny zespół mechanizmu kierowniczego, pełni funkcję reduktora przenoszącego ruch obrotowy z koła kierownicy na mechanizm zwrotniczy z takim przełożeniem, aby zminimalizować wysiłek kierowcy.

Przełożeniem kinematycznym przekładni kierowniczej (dającej na wyjściu ruch obrotowy) i_{kp} nazywa się stosunek kąta obrotu koła kierownicy β_k do kąta obrotu wałka wyjściowego przekładni kierowniczej β_{pk} .



Rys. 5.17

Mechanizm regulacji położenia koła kierownicy z silnikiem elektrycznym [90]

$$i_{kp} = \frac{\beta_k}{\beta_{pk}} \quad (5.1)$$

Z myślą o przękładni zębatkowej dającej na wyjściu ruch postępowy stosuje się pojęcie **przełożenia kinematycznego układu kierowniczego** i_{kk} , gdyż kąt obrotu wałka wyjściowego przękładni zębatej zastępuje się średnim kątem skrętu kół kierowanych β .

$$i_{kk} = \frac{\beta_k}{\beta} \quad (5.2)$$

Ponieważ jednak przełożenie elementów dźwigniowych tworzących mechanizm zwrotniczy jest nieporównywalnie małe w stosunku do przełożenia samej przękładni kierowniczej, można je pominąć. Zatem o przełożeniu kinematycznym całego układu kierowniczego decyduje głównie przełożenie kinematyczne przękładni kierowniczej.

Przełożenie kinematyczne układu kierowniczego i_{kk} wynosi na ogół dla samochodów osobowych od 14 do 22 a dla samochodów ciężarowych od 20 do 35 [48], [50].

Większe wartości przełożenia przękładni kierowniczej zmniejszają siłę przykładaną do koła kierownicy, potrzebną do skrętu kół. Było to szczególnie ważne w starszych konstrukcjach układów kierowniczych bez wspomagania. Duże przełożenie skutkuje jednocześnie zwiększeniem kąta obrotu kierownicy, potrzebnego do uzyskania określonego skrętu kół kierowanych. Obecnie w samochodach stosuje się powszechnie układy kierownicze ze wspomaganiem. W przeciętnym samochodzie osobowym przełożenie kinematyczne układu kierowniczego jest tak dobrane, aby skręt kół pojazdu od jednego do drugiego skrajnego położenia wymagał wykonania około trzech obrotów kołem kierownicy.

Wszystkie przękładnie kierownicze – niezależnie od typu – można podzielić na dwie grupy:

- o stałym przełożeniu,
- o zmiennym przełożeniu.

W pojazdach ze wspomaganiem stosuje się na ogół przękładnie o stałym przełożeniu. Cechą takich przękładni jest wzrost siły obwodowej na kole kierownicy wraz ze zwiększaniem się kąta skrętu kół (rys. 5.18). Jednak ze względu na zastosowane wspomaganie nie ma to większego znaczenia. W starszych rozwiązaniach, bez wspomagania, stosowano przękładnie o uzębieniu zapewniającym zmienne przełożenie. W tych przękładniach w miarę wzrostu kąta skrętu koła kierownicy przełożenie się zwiększało,

**Rys. 5.18**

Zależność pomiędzy kątem skrętu koła kierownicy a przykładaną do niego siłą obwodową [60]

przez co powodowało tylko nieznaczny wzrost siły przykładanej przez kierowcę do koła kierownicy. Ułatwiało to manewrowanie pojazdem podczas parkowania lub skrętu pod dużym kątem.

Zależnie od rozwiązania konstrukcyjnego można wyróżnić następujące rodzaje przekładni kierowniczych.

- Dające na wyjściu ruch obrotowy:
 - ślimakowa,
 - ślimakowa globoidalna,
 - śrubowo-kulkowa.
- Dające na wyjściu ruch postępowy – **przekładnia zębatkowa**.

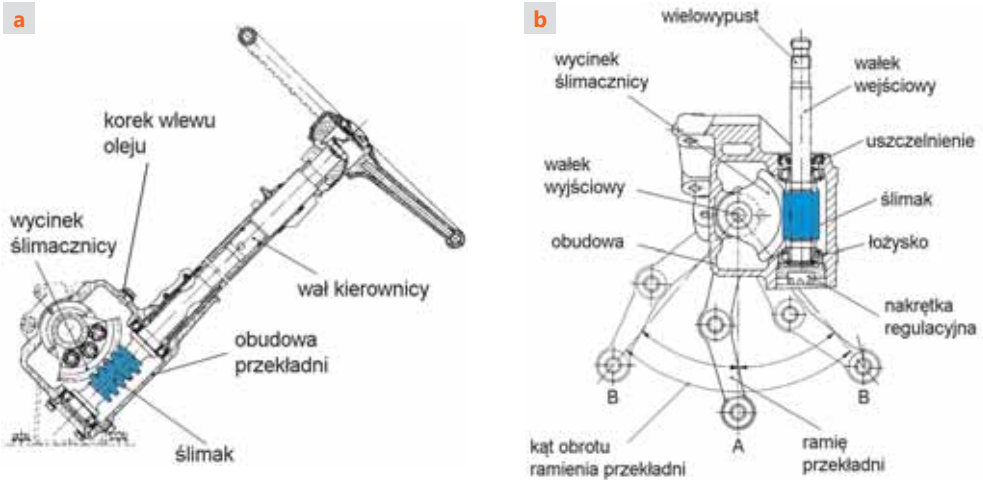
Przekładnia ślimakowa (patrz rys. 5.19), przestarzałe i niestosowane obecnie rozwiązanie, składa się z:

- **obudowy z pokrywą,**
- **wałka wejściowego ze ślimakiem,**
- **wałka wyjściowego z wycinkiem ślimacznicy,**
- **łożysk tocznych i uszczelnień.**

Jest to przekładnia o stałym przełożeniu. Obudowę przekładni, wykonaną najczęściej jako odlew ze stopu aluminium, przykręca się do ramy lub nadwozia pojazdu. Wystający koniec wałka wejściowego jest połączony z wałem kierownicy za pomocą wielowypustu. Nacięty na nim ślimak przekazuje ruch obrotowy na wycinek ślimacznicy, osadzony lub wykonany razem z wałkiem wyjściowym. Obydwa wałki są łożyskowane w obudowie na łożyskach tocznych i uszczelnione. Śruba, nakrętka lub podkładki służą do regulacji luzu międzyzębnego i wstępnego obciążenia łożysk. Przekładnia ślimakowa przekazuje ruch obrotowy pod kątem 90° na wałek wyjściowy zakończony wielowypustem, mogący obracać się w ograniczonym zakresie (na ile pozwala wycinek ślimacznicy). Pokrywy przykręcane do obudowy przekładni umożliwiają dostęp do jej wnętrza oraz jej zamontowanie i wymontowanie. Po wykręceniu korka z gwintowanego otworu obudowy można sprawdzić i uzupełnić poziom oleju w przekładni.

Przekładnie ślimakowe cechują się prostą budową i niewielkimi wymiarami, jednak duże opory tarcia ograniczają ich zastosowanie.

Przekładnia ślimakowa globoidalna (rys. 5.20) stanowi odmianę przekładni ślimakowej, którą można jeszcze spotkać w samochodach ciężarowych. Na jej wałku wejściowym jest osadzony ślimak globoidalny – o większej średnicy na końcach i mniejszej na środku. Na wałku wyjściowym w miejsce wycinka ślimacznicy zamontowana jest rolka,



Rys. 5.19 Przekładnia kierownicza ślimakowa [38]

a – przekrój przez wał kierowniczy, *b* – zakres ruchu ramienia przekładni;

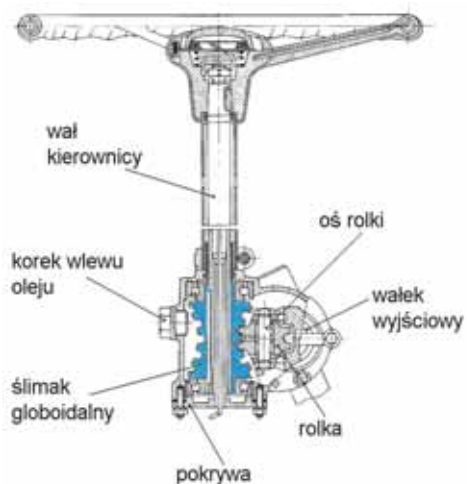
A – położenie ramienia przekładni do jazdy na wprost, *B* – położenie ramienia przekładni podczas maksymalnego skrętu w prawo i lewo

łożyskowana na łożyskach igiełkowych. Charakterystyczny kształt ślimaka globoidalnego jest dostosowany do ruchu, jaki wykonuje rolka. Rozwiązanie to pozwala znacznie zmniejszyć siłę tarcia i ograniczyć zużycie elementów. Do regulacji wstępnego obciążenia łożysk ślimaka służą podkładki regulacyjne.

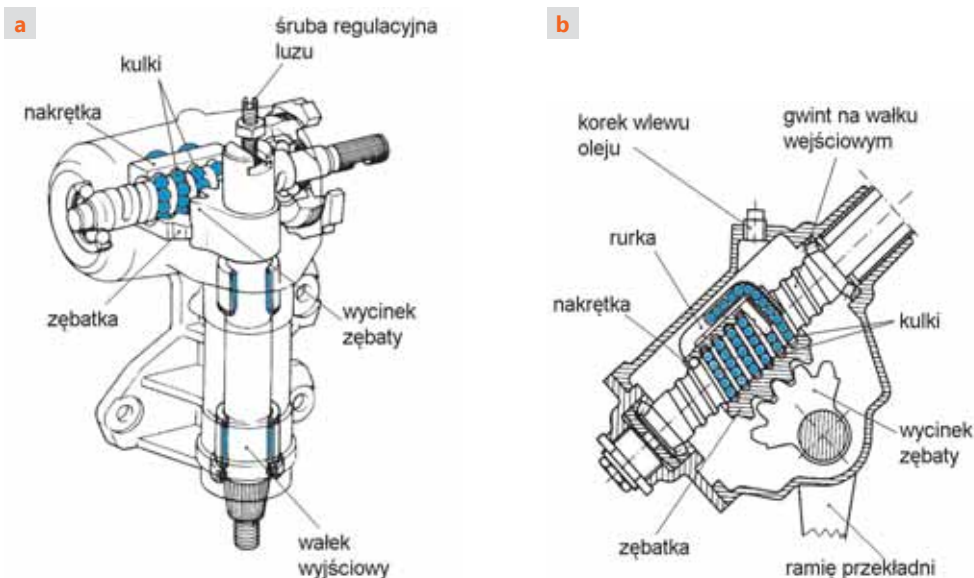
Przekładnia śrubowo-kulkowa (rys. 5.21) jest stosowana głównie w samochodach ciężarowych i składa się z:

- **obudowy z pokrywą,**
- **wałka wejściowego z naciętym gwintem,**
- **nakrętki z zębatką,**
- **kulek,**
- **wałka wyjściowego z wycinkiem zębatym,**
- **łożysk tocznych i uszczelnień.**

Podobnie jak we wcześniej opisanych rozwiązaniach przekładni, końcówka wałka wejściowego jest zakończona wielowypustem służącym do połączenia z wałem kierownicy. Wałek, ułożyskowany w obudowie na dwóch łożyskach kulkowych skośnych lub stożkowych, ma nacięty gwint o zarysie kołowym. Na gwincie wałka jest osadzona nakrętka, oddzielona od niego kulkami. Obrót koła kierownicy skutkuje obrotem wałka wejściowego i przesuwaniem się osadzonej na nim nakrętki. Rowki gwintu



Rys. 5.20 Przekładnia kierownicza ślimakowa globoidalna



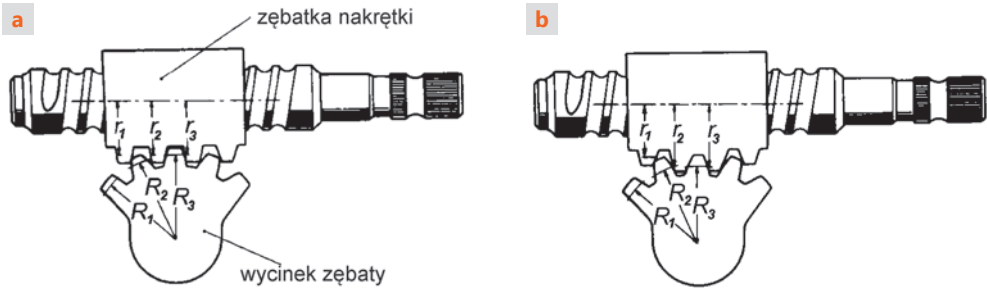
Rys. 5.21 Przekładnia kierownicza śrubowo-kulkowa [60], [88]

a – główne elementy, *b* – przekrój przez ząbienie

wałka oraz nakrętki tworzą prowadnicę, po której przetaczają się kulki. Zależnie od kierunku obrotu wałka kulki z jednego końca nakrętki opuszczają gwint i specjalną rurką się przetaczają, aż wpadną w rowek gwintu z drugiej strony nakrętki. Zapewnia to stały obieg kulek. Nakrętka ma z jednej strony zębatkę, zazębianą z wycinkiem zębatym wałka wyjściowego. W ten sposób ruch obrotowy wałka wejściowego zostaje najpierw zamieniony na ruch posuwisty nakrętki, a następnie – ponownie na ruch obrotowy wałka wyjściowego i osadzonego na nim ramienia przekładni. Wałek wyjściowy jest ułożyskowany na łożyskach igiełkowych.

Przekładnia śrubowo-kulkowa charakteryzuje się niewielkimi oporami tarcia. Aby zapewnić stateczność ruchu pojazdu podczas jazdy na wprost, należy w tym położeniu wykasować luz pomiędzy wycinkiem zębatym a zębatką nakrętki. Służy do tego śruba regulacyjna wałka wyjściowego. Przekładnia jest smarowana olejem wypełniającym obudowę.

Na rysunku 5.22a pokazano przekładnię śrubowo-kulkową o stałym przełożeniu stosowaną w układach kierowniczych ze wspomaganiami. Promienie podziałowe zębów jej wycinka zębatego są równe ($R_1 = R_2 = R_3$), tak samo, jak promienie podziałowe zębów zębatki nakrętki ($r_1 = r_2 = r_3$). Powoduje to, że przełożenie jest zawsze takie samo, niezależnie od tego, które z zębów są ze sobą zazębiane. W przekładni o zmiennym przełożeniu, stosowanej dawniej w układach bez wspomaganiania, (rys. 5.22b) wycinek zębaty jest tak wykonany, że promienie podziałowe jego zębów zmniejszają się ku jego środkowi ($R_1 > R_2 > R_3$). Z kolei promienie podziałowe zębów zębatki nakrętki zwiększają się ku jej środkowi ($r_1 < r_2 < r_3$). W środkowym położeniu przełożenie przekładni jest mniejsze, natomiast podczas skrętu kołem kierownicy w prawo lub w lewo przełożenie przekładni wzrasta, dzięki czemu siła obwodowa na kole kierownicy jest w miarę stała (wzrasta nieznacznie).



Rys. 5.22 Rodzaje przekładni śrubowo-kulkowych [60]
 a – o stałym przełożeniu, b – o zmiennym przełożeniu

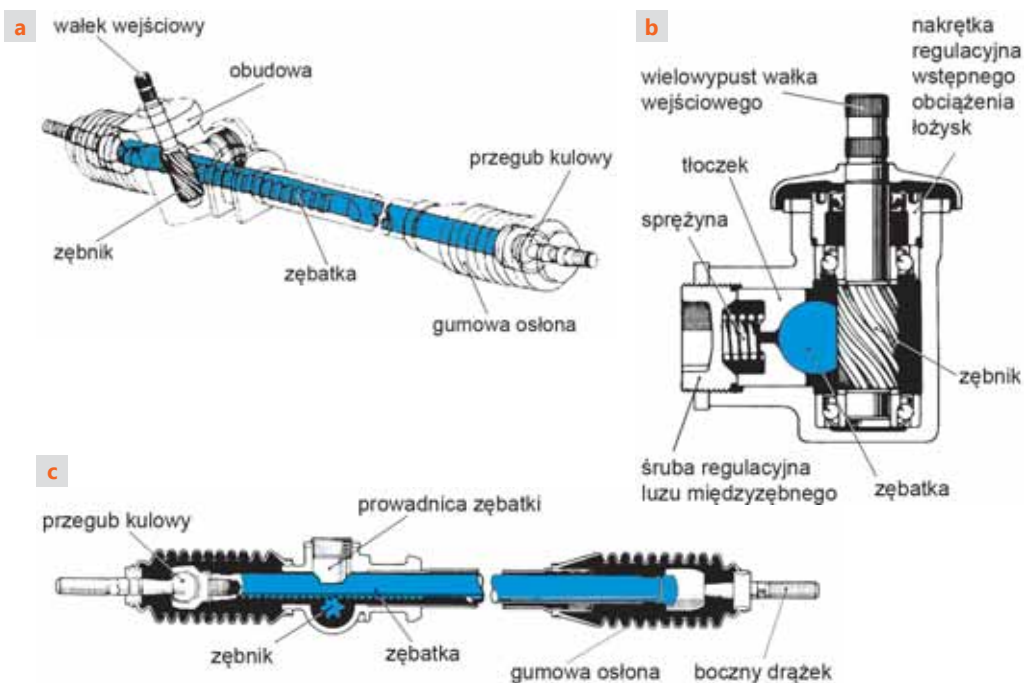
Przekładnia zębatkowa (rys. 5.23) jest obecnie najczęściej stosowanym rozwiązaniem w samochodach osobowych i dostawczych. Składa się z:

- **obudowy;**
- **zębnika osadzonego na wałku wejściowym;**
- **zębatki z przegubami kulistymi;**
- **prowadnicy zębatki;**
- **łożysk, uszczelnień i osłon gumowych;**
- **mechanizmu wspomagania.**

Wałek wejściowy z zębnikiem jest ułożyskowany w obudowie (w kształcie tulei), a jego koniec, zakończony wielowypustem, jest połączony z wałem kierownicy. Do regulacji wstępnego obciążenia łożysk służy nakrętka regulacyjna (patrz rys. 5.24b). Obrót koła kierownicy połączony z obrotem zębnika powoduje ruch postępowy zębatki, połączonej za pomocą przegubów kulowych z bocznymi drążkami kierowniczymi i dalej z ramionami zwrotnic. W ten sposób przekładnia zamienia ruch obrotowy na wejściu na ruch postępowy na wyjściu. Przed przedostawaniem się wody i zanieczyszczeń do wnętrza przekładni chronią uszczelnienia oraz gumowe mieszki znajdujące się na obu końcach zębatki (rys. 5.25c). Przekładnia zębatkowa jest smarowana smarem plastycznym.



Rys. 5.23 Przekładnia kierownicza zębatkowa wraz z dolnym wałem kierownicy
 1 – wielowypust dolnego wału umożliwiający zmianę jego długości, 2 – dolny wał kierownicy, 3 – przegub dwukrzyżakowy, 4 – obudowa przekładni, 5 – cylinder hydraulicznego mechanizmu wspomagania, 6 – gumowa osłona zębatki, 7 – zewnętrzny przegub kulowy bocznego drążka



Rys. 5.24 Budowa zębatkowej przekładni kierowniczej [60]

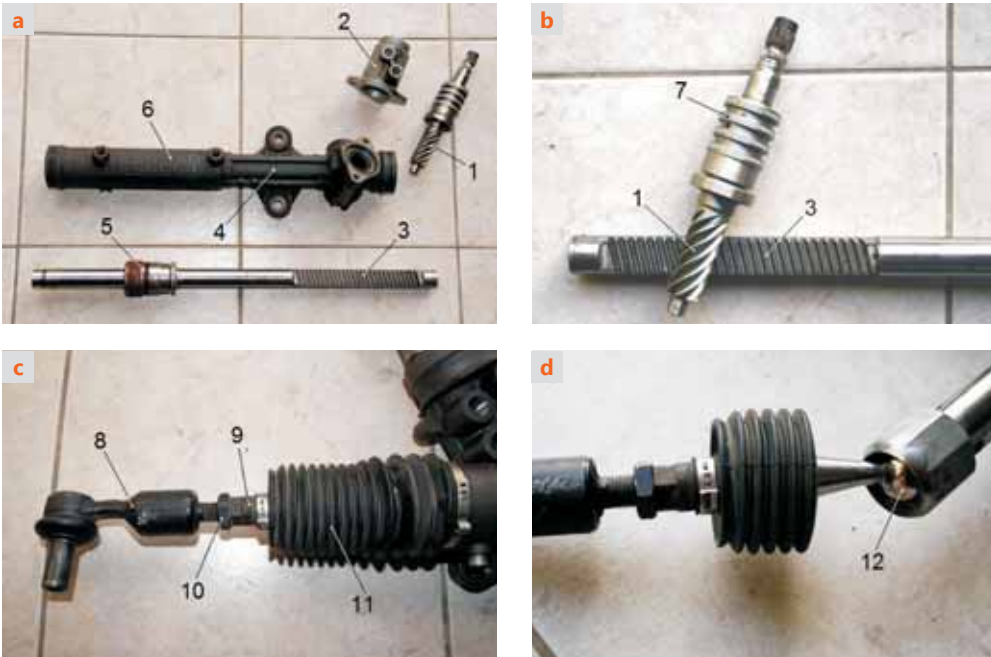
a – główne elementy; *b*, *c* – przekroje przekładni

Zębatka porusza się w prowadnicy wykonanej najczęściej z tworzywa sztucznego. W celu zapewnienia odpowiedniego luzu międzyzębnego jest ona dociskana do zębniaka przez sprężynę i śrubę regulacyjną za pośrednictwem tłoczka wykonanego z brązu lub tworzywa sztucznego (patrz rys. 5.24b). Wadą zastosowania sprężyn do automatycznej kasacji luzów jest możliwość ich wpadnięcia w drgania rezonansowe.

Korzystniejsze rozwiązanie to zastosowanie w przekładni poliamidowych łożysk mimośrodowych zębatki (rys. 5.26). Poliamidowy materiał charakteryzuje się bardzo małą rozszerzalnością cieplną oraz – co najważniejsze – małym współczynnikiem tarcia. Pozwala to na bardzo dokładne i ciasne pasowanie zębatki w łożysku, zdecydowanie ograniczające hałas i drgania. Jednocześnie mały współczynnik tarcia poprawia wyczuwanie przez kierowcę reakcji pomiędzy kierowanymi kołami a nawierzchnią drogi. Mimośrodowe łożysko umożliwia również zmianę luzu międzyzębnego. Za pomocą śruby regulacyjnej można obrócić łożysko w obudowie, dosuwając lub odsuwając zębatkę od zębniaka.

Zaletami zębatkowej przekładni kierowniczej, w porównaniu do starszych rozwiązań, są przede wszystkim:

- zwarta, lekka i prosta budowa;
- małe opory ruchu;
- bezobsługowość;
- automatyczna regulacja luzów między zębniakiem a zębatką;
- ruch postępowy na wyjściu, dający możliwość bezpośredniego połączenia zębatki z drążkami kierowniczymi.



Rys. 5.25 Elementy zębatkowej przekładni kierowniczej

a – główne części, *b* – widok zazębienia, *c*, *d* – rozwiązania węzłów konstrukcyjnych bocznego drążka kierowniczego;

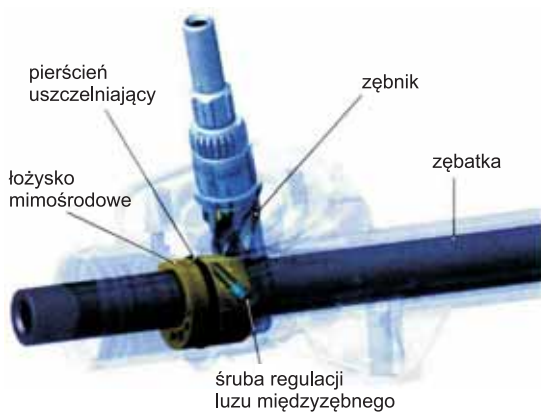
1 – zębniak, 2 – obudowa zębniaka (tuleja prowadząca), 3 – zębatka, 4 – obudowa przekładni, 5 – tłok hydraulicznego mechanizmu wspomagania, 6 – cylinder hydraulicznego mechanizmu wspomagania, 7 – zawór sterujący hydraulicznego mechanizmu wspomagania, 8 – końcówka drążka z zewnętrznym przegubem kulowym, 9 – boczny drążek, 10 – nakrętka blokująca, 11 – gumowa osłona (mieszek), 12 – wewnętrzny przegub kulowy bocznego drążka

Do jej wad należy natomiast zaliczyć:

- dużą wrażliwość na uderzenia przenoszone z kół na kierownicę;
- małą długość bocznych drążków i krótkie ramiona zwrotnic, skutkujące dużymi siłami w całym układzie kierowniczym;
- brak możliwości zastosowania w przypadku przedniej sztywnej osi.

Przekładnie kierownicze zębatkowe mogą występować w czterech odmianach konstrukcyjnych:

- z zębniakiem umieszczonym z boku przekładni (np. z lewej strony w przypadku kierownicy lewostronnej), a przegubami kulistymi drążków kierowniczych mocowanymi na końcach zębatki (patrz rys. 5.27a);
- z zębniakiem umieszczonym na środku przekładni, a przegubami kulistymi drążków kierowniczych mocowanymi na końcach zębatki (patrz rys. 5.27b);
- z zębniakiem umieszczonym z boku przekładni, a przegubami kulistymi drążków kierowniczych mocowanymi do specjalnego wspornika, znajdującego się w środkowej części przekładni – przekładnia z centralnym wyjściem (patrz rys. 5.27c);
- z zębniakiem umieszczonym z boku krótkiej przekładni, a przegubami kulistymi obu bocznych drążków kierowniczych mocowanymi do jednego końca zębatki.



Rys. 5.26 Mimośrodowe poliamidowe łożysko zębatki [79]



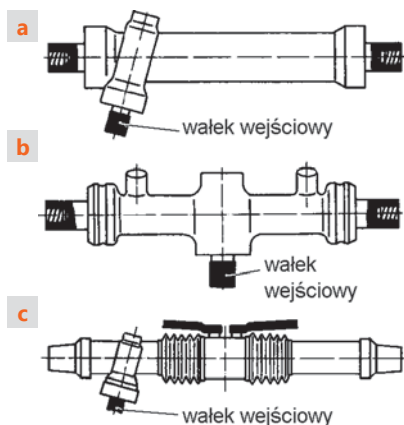
Rys. 5.28 Ramię przekładni kierowniczej [60]

Ramię przekładni kierowniczej

Ramię (rys. 5.28) występuje w przekładniach kierowniczych dających na wyjściu ruch obrotowy. Jest wykonane w postaci stalowej odkuwki. Przekazuje ono ruch obrotowy wałka wyjściowego przekładni na drążek środkowy lub podłużny. Jeden koniec ramienia wciśnięto na stożkowy wielowypust wałka wyjściowego przekładni kierowniczej i dokręcono nakrętką. Drugi połączono z drążkiem kierowniczym (środkowym lub podłużnym) za pomocą przegubu kulowego.

5.4.2 Mechanizm zwrotniczy

Mechanizm zwrotniczy składa się z układu drążków kierowniczych z przegubami kulowymi, połączonych z ramionami. Jego zadaniem jest ustawienie kół kierowanych względem siebie pod takimi kątami, aby toczenie po łuku odbywało się poprawnie pod względem kinematycznym, niezależnie od ich przemieszczania się w trakcie jazdy w górę i w dół.



Rys. 5.27 Najczęściej spotykane odmiany konstrukcyjne przekładni kierowniczej zębatkowej [60]

Zależnie od rodzaju zawieszenia kół kierowanych w pojeździe można wyróżnić:

- mechanizm zwrotniczy dla zawiesznień niezależnych,
- mechanizm zwrotniczy dla zawieszenia ze sztywną przednią osią.

Mechanizm zwrotniczy dla zawiesznień niezależnych

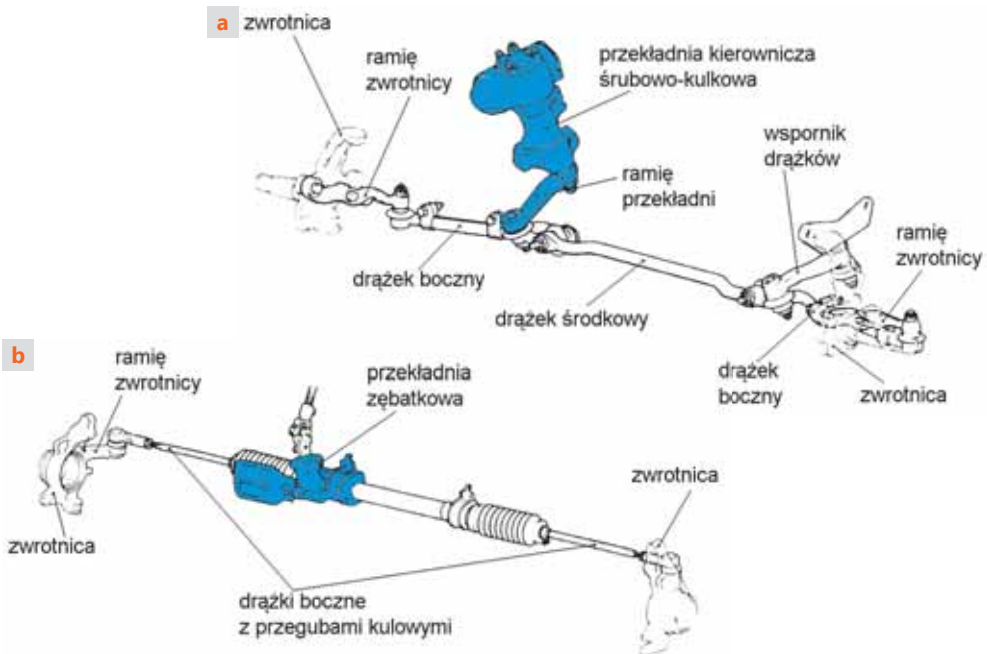
W **mechanizmie zwrotniczym dla zawiesznień niezależnych** pionowe przemieszczenia jednego z kół kierowanych nie mają wpływu na ruch drugiego z kół. Konsekwencją tego jest zmiana odległości pomiędzy ramionami zwrotnic obu kół. W takim rozwiązaniu nie jest zatem możliwe połączenie obu kół jednym drążkiem, gdyż przemieszczenie pionowe kół powodowałoby zmianę ich zbieżności. Stosuje się więc dwa boczne drążki kierownicze (prawy i lewy), połączone drążkiem środkowym.

Elementami **mechanizmu zwrotniczego (w kształcie trapezu) z przekładnią, dającą na wyjściu ruch obrotowy** (patrz rys. 5.29a), są:

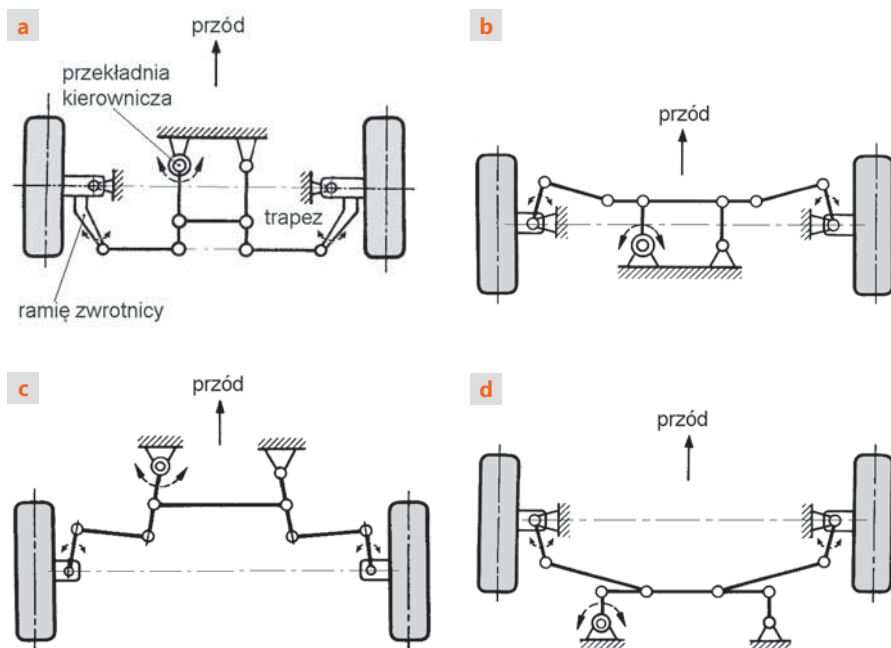
- drążek środkowy,
- drążki boczne (prawy i lewy),
- wspornik drążków,
- ramiona zwrotnic,
- zwrotnice (prawa i lewa).

Elementami **mechanizmu zwrotniczego (w kształcie trójkąta) z przekładnią zębatkową** (patrz rys. 5.29b) są:

- drążki boczne (prawy i lewy),
- ramiona zwrotnic,
- zwrotnice (prawa i lewa).



Rys. 5.29 | Przykłady mechanizmów zwrotniczych dla zawiesznień niezależnych [60]
 a - z przekładnią dającą na wyjściu ruch obrotowy, b - z przekładnią zębatkową



Rys. 5.30 Różne rozwiązania trapezu mechanizmu zwrotniczego z przekładnią kierowniczą dającą na wyjściu ruch obrotowy i niezależnym zawieszeniem kół kierowanych [90]
 a – współbieżny, z ramionami zwrotnic skierowanymi do tyłu (przekładnia kierownicza umieszczona przed osią, trapez za osią); b – współbieżny, z ramionami zwrotnic skierowanymi do przodu (przekładnia kierownicza umieszczona za osią, trapez przed osią); c – przeciwbieżny, z ramionami zwrotnic skierowanymi do przodu (przekładnia kierownicza i trapez umieszczone przed osią); d – przeciwbieżny, z ramionami zwrotnic skierowanymi do tyłu (przekładnia kierownicza i trapez umieszczone za osią)

W przekładni zębatkowej funkcję drążka środkowego pełni listwa zębata (zębatka).

Mechanizmy zwrotnicze mogą mieć różne rozwiązania (rys. 5.30). **Trapez zwrotniczy** może znajdować się przed lub za przednią osią. Jego konstrukcja uzależniona jest także od położenia przekładni kierowniczej (przed lub za osią kół kierowanych). Ramiona zwrotnic, wchodzące w skład trapezu, mogą być skierowane do przodu lub do tyłu pojazdu. Wyróżnia się dwa rodzaje trapezów mechanizmu zwrotniczego:

- **współbieżny**, w którym ramię przekładni kierowniczej i ramiona zwrotnic obracają się w tym samym kierunku;
- **przeciwbieżny**, w którym ramię przekładni kierowniczej i ramiona zwrotnic obracają się w przeciwnych kierunkach.

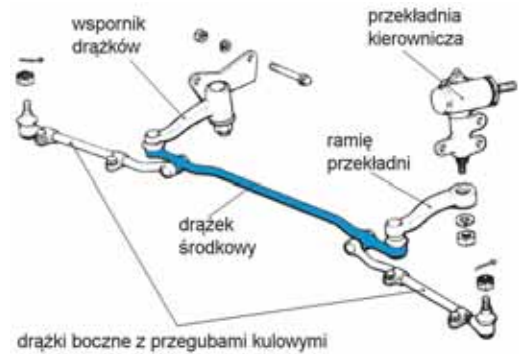
Drążki mechanizmu zwrotniczego wykonuje się w postaci pręta lub rury bez szwu, najczęściej ze stali niestopowej konstrukcyjnej wyższej jakości.

Drążek środkowy przekazuje ruch ramienia przekładni na boczne drążki. Z obu stron jest najczęściej zakończony końcówkami z przegubami kulowymi i połączony za ich pomocą z ramieniem przekładni kierowniczej i wspornikiem drążków. Jeżeli przeguby kulowe bocznych drążków są mocowane bezpośrednio w drążku środkowym, jest on w tym miejscu odpowiednio ukształtowany. W spłaszczonych pogrubieniach są wykonane stożkowe otwory w celu osadzenia w nich trzonów przegubów kulowych prawego i lewego

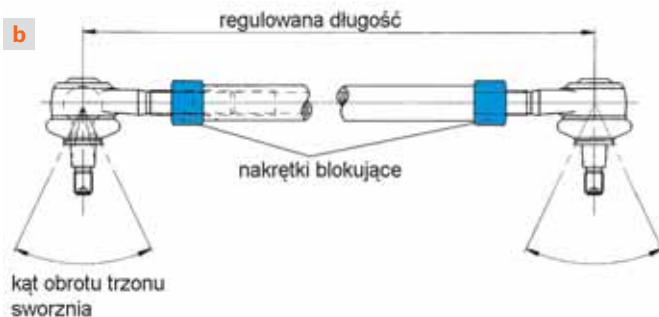
drażka. Na rysunku 5.31 przedstawiono drążek, który na końcach w miejscu końcówek z przegubami kulowymi ma także wykonane stożkowe otwory. Wtedy przeguby kulowe są umieszczone w ramieniu przekładni kierowniczej i wsporniku drążków.

Drażek boczny (prawy i lewy) składa się z dwóch końcówek, najczęściej o różnej długości, połączonych tuleją regulacyjną w postaci rury odpornej na wyboczenia. Tuleja regulacyjna jest zakończona z jednej strony prawozwojnym, a z drugiej – lewozwojnym wewnętrznym gwintem (np. w samochodach osobowych od M14×1,5 do M22×1,5). Każda z końcówek drążka ma taki sam gwint, ale zewnętrzny. Po wkręceniu ich w tuleję regulacyjną tworzą śrubę rzymską, umożliwiającą płynną regulację długości całego drążka. Zależnie od kierunku obrotu tulei regulacyjnej drążek boczny zwiększa swoją długość (końcówki się wykręcają) lub zmniejsza (końcówki się wkręcają). Zmiana długości tulei regulacyjnej służy do ustawienia właściwej zbieżności kół. Tuleja regulacyjna jest rozcięta na całej długości lub na nagwintowanych końcach. Nałożone są na nią dwie obejmy zaciskane śrubami, służące do zablokowania wkręconych końcówek drążka po zakończeniu regulacji (rys. 5.32a). Zamiast obejm zaciskowych stosuje się również nakrętki blokujące (rys. 5.32b).

Końcówka drążka jest odpowiednio ukształtowaną odkuwką tworzącą zewnętrzną część **przegubu kulowego** (rys. 5.33). Wewnątrz znajduje się gniazdo zatrzaskowe, wykonane z tworzywa sztucznego odpornego na ścieranie, obejmujące kulistą część sworznia. Od góry gniazdo zamyka metalowa zaślepka, chroniąca przed wodą i zanieczyszczeniami. Od dołu gniazdo ma osłonę wykonaną z gumy, umożliwiającą ruch końcówki kulowego

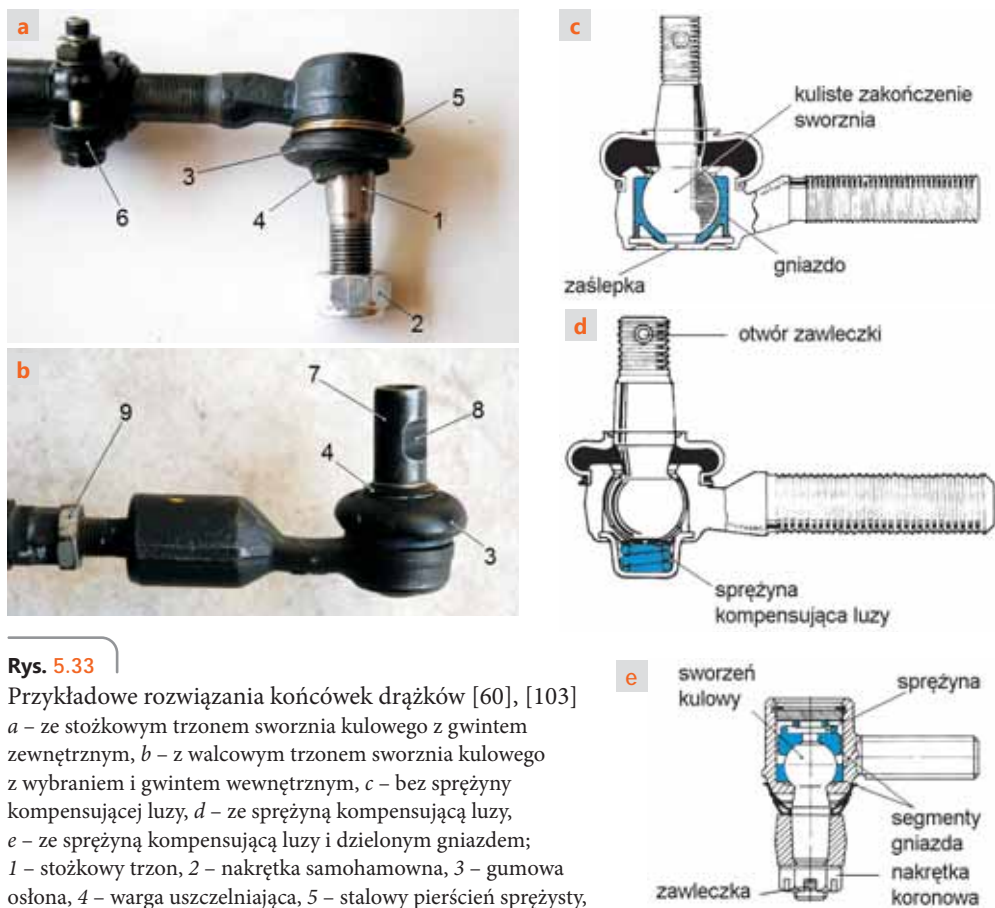


Rys. 5.31 Drażek środkowy bez przegubów kulowych (z czterema otworami stożkowymi) [60]



Rys. 5.32

Drażek boczny o regulowanej długości [60], [90]
 a – z obejmami zaciskowymi,
 b – z nakrętkami blokującymi;
 1 – obejma zaciskowa, 2 – tuleja regulacyjna, 3 – końcówka drążka z przegubem kulowym, 4 – nakrętka samohamowna



Rys. 5.33

Przykładowe rozwiązania końcówek drążków [60], [103] *a* – ze stożkowym trzonem sworznia kulowego z gwintem zewnętrznym, *b* – z walcowym trzonem sworznia kulowego z gwintem wewnętrznym, *c* – bez sprężyny kompensującej luzu, *d* – ze sprężyną kompensującą luzu, *e* – ze sprężyną kompensującą luzu i dzielonym gniazdem; 1 – stożkowy trzon, 2 – nakrętka samohamowna, 3 – gumowa osłona, 4 – wargę uszczelniającą, 5 – stalowy pierścień sprężysty, 6 – obejmę zaciskową, 7 – walcowy trzon, 8 – walcowe wybranie trzonu (wchodzi w nie śruba zaciskowa), 9 – nakrętka blokująca

sworznia. Osłona jest zaciśnięta na zewnętrznej części przegubu kulowego za pomocą stalowego pierścienia sprężystego. Wargę uszczelniającą gumowej osłony przylega do powierzchni elementu, do którego jest mocowana końcówka (np. ramienia zwrotnicy). Smar plastyczny, wypełniający wnętrze przegubu, wystarcza na cały okres eksploatacji końcówki drążka i nie podlega wymianie lub uzupełnianiu. Wystający z gumowej osłony trzon sworznia kulowego ma stożek o znormalizowanym pochyleniu 1:10 i jest zakończony drobnozwojnym gwintem (rys. 5.33*a*). W starszych rozwiązaniach gwintowana końcówka miała otwór służący do zablokowania nakrętki koronowej za pomocą zawlecзки. Obecnie są stosowane nakrętki samohamowne, z wkładką wykonaną z tworzywa sztucznego, które zaciska się na gwincie i zabezpiecza przed odkręceniem lub poluzowaniem połączenia. Trzon sworznia kulowego może mieć również kształt walcowy. Końcówka ramienia zwrotnicy, do której jest on montowany, ma walcowy otwór i rozcięcie z jednej strony. Śruba wkręcana w rozcięte ramię zwrotnicy zaciska ją na trzonie sworznia; jednocześnie, wchodząc w walcowe wybranie trzonu (rys. 5.33*b*), powoduje jego unieruchomienie.

Końcówki drążków mogą mieć sprężyny do kompensacji luzu, powstającego w wyniku zużywania się gniazda i kulistej części sworznia (rys. 5.33*d* i *e*).