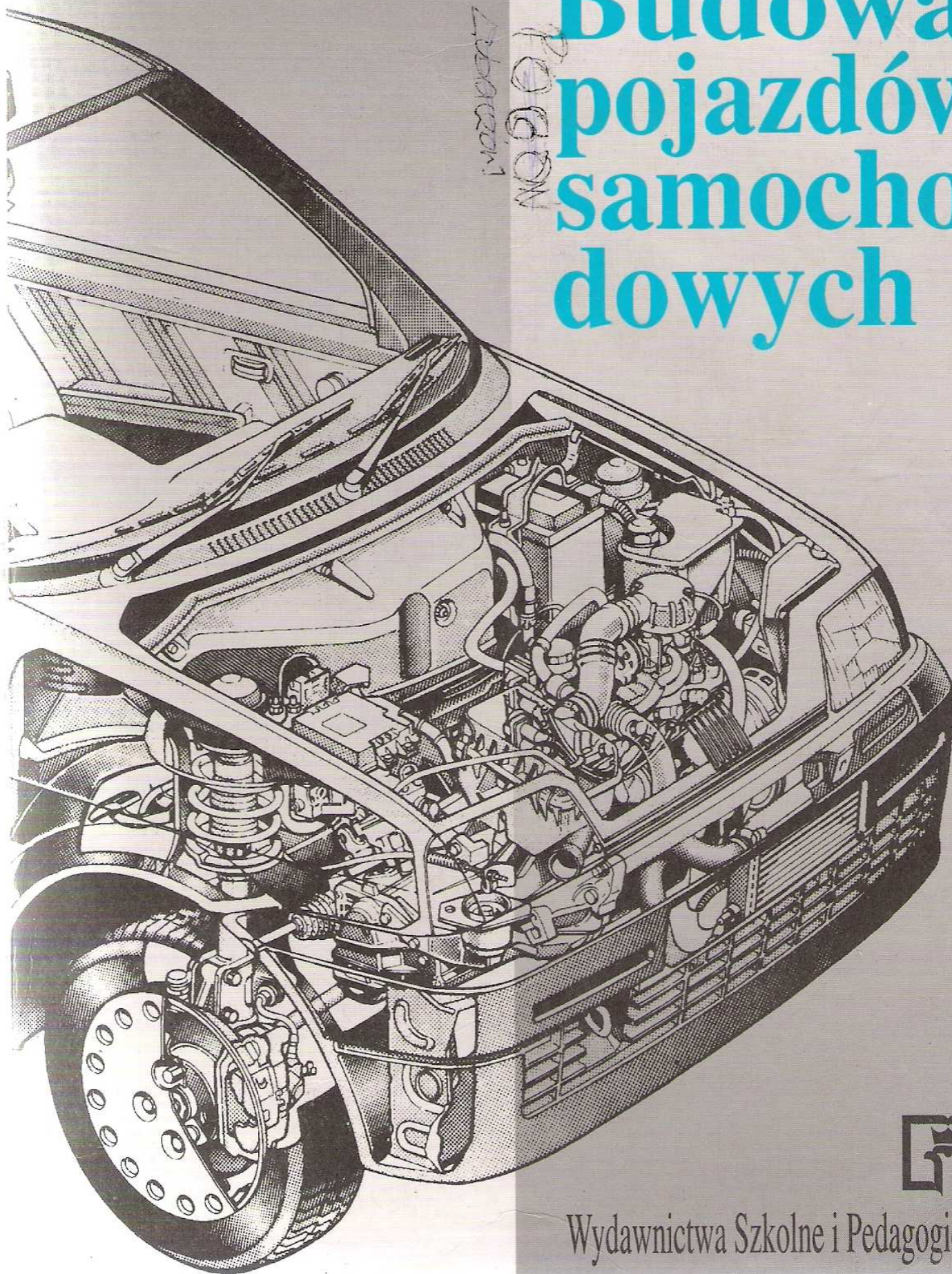


Tadeusz Rychter

**Budowa
pojazdów
samochodowych**



Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne

Część I BUDOWA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH	7
1. Wiadomości ogólne	7
1.1. Rys historyczny	7
1.2. Motoryzacja w Polsce	8
1.3. Współczesny przemysł samochodowy	10
1.4. Gospodarcze znaczenie motoryzacji	11
1.5. Definicja pojazdu samochodowego	12
1.6. Zasadnicze zespoły samochodu	13
1.7. Ogólny układ konstrukcyjny	13
1.8. Charakterystyka techniczna pojazdu	14
2. Silniki pojazdów samochodowych	17
2.1. Podstawowe wiadomości o spalaniu	17
2.1.1. Istota procesu spalania	17
2.1.2. Skład mieszanki palnej	17
2.1.3. Zapłon mieszanki	18
2.2. Ogólna budowa silnika spalinowego	18
2.2.1. Zadania stawiane silnikowi	18
2.2.2. Zasada budowy silnika	19
2.2.3. Podstawowe zespoły silnika	19
2.2.4. Zasadniczy podział silników spalinowych	20
2.3. Silniki czterosuwowe o zapłonie iskrowym	21
2.3.1. Zasada działania	21
2.3.2. Wyprowadzenie zapłonu	22
2.3.3. Fazy rozrządu	23
2.3.4. Paliwo i jego przygotowanie	24
2.4. Silniki czterosuwowe o zapłonie samoczynnym	25
2.4.1. Zasada działania	25
2.4.2. Wtrysk paliwa i spalanie	27
2.4.3. Komory spalania	28
2.4.4. Doładowanie silników	32
2.5. Silniki dwusuwowe	33
2.5.1. Silniki dwusuwowe o zapłonie iskrowym	33
2.5.2. Silniki dwusuwowe o zapłonie samoczynnym	34
2.5.3. Zagadnienia dotyczące ruchu gazów	35
2.6. Wielkości charakteryzujące silniki spalinowe	37
2.6.1. Charakterystyczne wymiary silnika	37
2.6.2. Stopień sprężania	38
2.6.3. Prędkość obrotowa, moment obrotowy, moc	38
2.6.4. Sprawność	39
2.6.5. Zużycie paliwa	40
2.6.6. Charakterystyka eksploatacyjna silnika	41
2.7. Układy konstrukcyjne silników	43
2.8. Mechanizm korbowy	45
2.8.1. Kinematyka mechanizmu korbowego	45
2.8.2. Siły działające na mechanizm korbowy	46

2.8.3.	Wyrównowazanie silnika	48
2.8.4.	Nierównomierność biegu silnika	50
2.8.5.	Konstrukcja układu korbowego	51
2.9.	Mechanizm rozrządu	59
2.9.1.	Zadania i rodzaje mechanizmów rozrządu	59
2.9.2.	Elementy mechanizmu rozrządu	60
2.10.	Kadłuby i głowice	63
2.10.1.	Zadania kadłuba i głowicy	63
2.10.2.	Kadłuby silników chłodzonych cieczą	64
2.10.3.	Kadłuby silników chłodzonych powietrzem	64
2.10.4.	Głowice	65
2.11.	Układ olejenia	67
2.11.1.	Zadania układu olejenia	67
2.11.2.	Systemy olejenia	67
2.11.3.	System olejenia ciśnieniowego	68
2.11.4.	Oleje silnikowe	70
2.12.	Układ chłodzenia	71
2.12.1.	Zadania i systemy chłodzenia	71
2.12.2.	Chłodzenie powietrzem	71
2.12.3.	Chłodzenie cieczą	73
2.12.4.	Regulacja intensywności chłodzenia	74
2.13.	Układy zasilania silników o zapłonie iskrowym	75
2.13.1.	Zadania i rodzaje układów zasilania	75
2.13.2.	Układ zasilania gaźnikowego	76
2.13.3.	Układ zasilania wtryskowego	86
2.14.	Układy zasilania silników o zapłonie samoczynnym	87
2.14.1.	Zadania i elementy składowe	87
2.14.2.	Doprowadzenie paliwa	88
2.14.3.	Pompy wtryskowe	90
2.14.4.	Wtryskiwacze	92
2.14.5.	Regulatory prędkości obrotowej	94
2.14.6.	Zasilanie silnika powietrzem	96
2.15.	Układ wylotowy	96
2.16.	Silniki z wirującymi tłokami i silniki turbospalinowe	98
2.16.1.	Wprowadzenie	98
2.16.2.	Silniki z wirującymi tłokami	98
2.16.3.	Silniki turbospalinowe	102
3.	Podwozia	103
3.1.	Zasadnicze mechanizmy podwozia	103
3.2.	Mechanizmy napędowe	103
3.2.1.	Wiadomości wstępne	103
3.2.2.	Konieczność stosowania przełożeń	104
3.2.3.	Sprzęgła	107
3.2.4.	Skrzynki biegów	113
3.2.5.	Przekładnie główne i mechanizmy różnicowe	122
3.2.6.	Wały napędowe i półosie przegubowe	128
3.2.7.	Złożone mechanizmy napędowe	131
3.3.	Mechanizmy nośne i jezdne	132
3.3.1.	Szttywne osie nienapędzane	132
3.3.2.	Zawieszenia — definicja, zadania i podział	134
3.3.3.	Elementy sprężyste zawieszzeń	135
3.3.4.	Zawieszenia zależne	138
3.3.5.	Zawieszenia niezależne	139
3.3.6.	Amortyzatory	144

3.3.7. Stabilizatory	146
3.3.8. Ramy	147
3.3.9. Koła i ogumienie	148
3.4. Mechanizmy prowadzenia	151
3.4.1. Wprowadzenie	151
3.4.2. Mechanizmy zwrotnicze	152
3.4.3. Ustawienie kół kierowanych	154
3.4.4. Mechanizmy kierownicze	155
3.4.5. Hamulce szczękowo-bębnowe	157
3.4.6. Hamulce tarczowe	160
3.4.7. Hydrauliczne układy uruchamiania hamulców	161
3.4.8. Pneumatyczne układy uruchamiania hamulców	164
3.4.9. Urządzenia pomocnicze układów hamulcowych	166
3.4.10. Hamulce pomocnicze i postojowe	169
4. Nadwozia	171
4.1. Zadania i rodzaje nadwozi	171
4.2. Nadwozia samochodów osobowych	171
4.3. Nadwozia samochodów ciężarowych	177
4.4. Nadwozia autobusów	181
4.5. Nadwozia pojazdów specjalnego przeznaczenia	184
5. Przyczepy i naczepy. Ciągniki. Motocykle	186
5.1. Przyczepy	186
5.2. Naczepy	189
5.3. Ciągniki drogowe	190
5.4. Ciągniki rolnicze	190
5.4.1. Wiadomości ogólne	190
5.4.2. Cechy konstrukcyjne ciągników kołowych	191
5.4.3. Cechy konstrukcyjne ciągników gąsienicowych	194
5.5. Motocykle	195
5.5.1. Ogólny układ konstrukcyjny	195
5.5.2. Podwozia motocykli	196
5.5.3. Silniki motocyklowe	199
5.5.4. Nowe rozwiązania motocykli	199
Część II WYBRANE ZAGADNIENIA Z EKSPLOATACJI, OBSŁUGI I NAPRAWY POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH	201
6. Uwagi dotyczące eksploatacji	201
6.1. Podstawowe dokumenty pojazdu	201
6.2. Zużycie paliw, olejów i smarów	202
6.3. Magazynowanie paliwa	202
6.4. Wpływ sposobu eksploatacji na zużycie paliwa	202
6.5. Zasady oszczędnej eksploatacji ogumienia	204
7. Podstawowa diagnostyka samochodu	207
7.1. Wprowadzenie	207
7.2. Badania diagnostyczne silnika	207
7.2.1. Wstępna ocena pracy silnika	207
7.2.2. Pomiar ciśnienia sprężania	209
7.2.3. Pomiar podciśnienia w przewodzie dolotowym	209
7.2.4. Analiza spalin	210
7.2.5. Kompleksowe badania stanu technicznego silnika	212

7.3. Badania diagnostyczne podwozia	214
7.3.1. Kontrola ustawienia kół	214
7.3.2. Badanie skuteczności hamulców	218
7.3.3. Wyrównowywanie kół	219
7.3.4. Sprawdzanie prawidłowości ustawienia reflektorów	221
7.4. Określanie stanu technicznego pojazdu na stanowiskach diagnostycznych	222
8. Obsługa i naprawa pojazdów	224
8.1. Zagadnienia obsługowe	224
8.1.1. Rodzaje i częstotliwość usług	224
8.1.2. Obsługa codzienna	225
8.1.3. Obsługa silnika	226
8.1.4. Obsługa podwozia	231
8.1.5. Obsługa nadwozia	234
8.2. Zagadnienia naprawcze	235
8.2.1. Rodzaje napraw	235
8.2.2. Formy organizacji napraw	236
8.2.3. Proces technologiczny naprawy głównej	237
8.2.4. Ogólne metody naprawy i regeneracji części	238
8.2.5. Szczegółowe instrukcje naprawy	240
9. Kierunki rozwoju konstrukcji samochodów	242
Literatura	246

Część I

BUDOWA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

1

Wiadomości ogólne

1.1

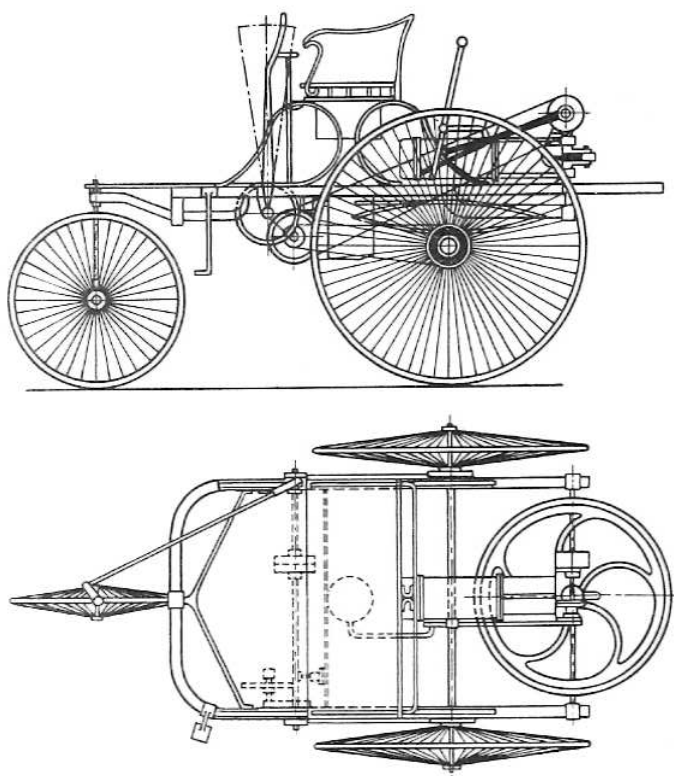
Rys historyczny

Pierwszy pojazd napędzany silnikiem cieplnym zbudował w roku 1764 francuski inżynier wojskowy, Mikołaj Józef Cugnot, z przeznaczeniem do ciągnięcia dział. Ten ciężki, niezdarny pojazd, napędzany prymitywną dwucylindrową maszyną parową, jadący z prędkością 4 km/h nie budził uznania współczesnych. Pojazd i jego twórca poszli w zapomnienie.

Trzeba było czekać blisko 40 lat, aby w roku 1802 angielski inżynier, Ryszard Trevithick, udoskonaliwszy maszynę parową Watta, zastosował ją do napędu „lokomotywy drogowej” i jako pierwszy na świecie przejechał nią pomyślnie ponad 150 kilometrów, zabierając jednocześnie dwunastu pasażerów. Wkrótce wielu konstruktorów przystąpiło do budowy drogowych pojazdów parowych. W roku 1827 pojawił się omnibus parowy Gurneya. Dwa lata później Hancock skonstruował podobny pojazd. W tym czasie pojawił się też parowy omnibus doktora Churcha. Omnibusy te zapoczątkowały regularną komunikację drogową. Narodziny automobilizmu, aczkolwiek bardzo jeszcze niedoskonałego, stały się faktem dokonany.

Za datę wynalezienia silnika spalinowego uważa się rok 1860, w którym Francuz, Etienne Lenoir, zbudował pierwszy silnik gazowy. Silnik ten nie został jednak użyty do napędu pojazdu. Jednakże już wkrótce francuski uczonec, Beau de Rochas, opracował teoretycznie zasadę czterosuwowego obiegu pracy silnika spalinowego. Zasadę tę wykorzystał w roku 1875 Siegfried Marcus, budując pojazd z silnikiem benzynowym. Rok później podobny pojazd zbudował Mikołaj Otto.

Przez następnych dziesięć lat znaczną przewagę wciąż miały pojazdy z napędem parowym. Dopiero w roku 1884 Gottlieb Daimler, a rok później Karol Benz budują pojazdy napędzane silnikami benzynowymi i zakładają wytwórnię tych pojazdów



Rys. 1.1
Pierwszy — jeszcze trójkołowy — samochód Benza, zbudowany w roku 1885, napędzany silnikiem benzynowym [2]

(rys. 1.1). Wydarzenia te powszechnie uznano za początek rozwoju przemysłu samochodowego.

Powstaje coraz więcej wytwórni samochodów; za Daimlerem i Benzem podążają przemysłowcy i konstruktorzy wielu krajów. Dokonuje się wielu wynalazków, z których wynalazek opony pneumatycznej, przypisywany Dunlopowi, wprowadził ogromny postęp w budowie samochodów.

Jednym z decydujących czynników wpływających na szybki rozwój konstrukcji samochodów był sport samochodowy. Wszystkie liczące się wytwórnie samochodów wystawiały swoje pojazdy do wyścigów; w tamtych bowiem czasach warunkiem sprzedaży były sukcesy w wyścigach.

Już w roku 1899 Jenatzy na samochodzie elektrycznym przekracza prędkość 100 km/h. W roku 1906 Marriot na samochodzie parowym Stanley przekracza 200 km/h. Prędkości średnie na liczących setki kilometrów trasach wyścigów, po szutrowych drogach, na niedoskonałych oponach niejednokrotnie przekraczały 100 km/h. Dalszy rozwój samochodu następował etapami. Pierwszy etap zakończyła pierwsza wojna światowa, która przerwała postęp, ale wskazała na wielką wartość samochodu jako środka transportu tak osób, jak towarów. Okres międzywojenny przyniósł poważny krok naprzód w budowie samochodów, a przede wszystkim rozpowszechnił motoryzację na świecie. W okresie tym taśmowa produkcja samochodów zdobyła ugruntowaną pozycję w świecie wytwórców.

Po ponownym zastoju w okresie drugiej wojny światowej, po wojnie nastąpił dynamiczny rozwój motoryzacji, w którym chwilowe kierunki i mody w konstrukcji samochodów zmieniały się często. Potężne koncerny wypierały lub wchłaniały mniejsze wytwórnie; zaczął się okres dominacji kilkunastu wielkich koncernów. Powolny proces zmniejszania się liczby tych koncernów przy jednoczesnym wzroście ich potęgi następuje do dzisiaj.

1.2 Motoryzacja w Polsce

W Polsce motoryzacją zaczęto się zajmować dosyć późno. Pierwsze polskie konstrukcje powstały w założonych w roku 1921 Centralnych Warsztatach Samochodowych (CWS). Były to

skonstruowane przez inż. Tadeusza Tańskiego samochody osobowe CWS-T1 i CWS-T2. Pomimo że na owe czasy były to bardzo nowoczesne pojazdy, nie podjęto ich produkcji.

W okresie międzywojennym, pomimo sporadycznego pojawiania się nowych konstrukcji samochodów i budowania ich prototypów, produkcja samochodów na większą skalę została podjęta jedynie przez dwie fabryki: Zakłady Mechaniczne Ursus, produkujące od roku 1926 samochody ciężarowe na licencji firmy Saurer, oraz Państwowe Zakłady Inżynierii (PZInż), produkujące samochody osobowe i ciężarowe na licencji włoskiej firmy FIAT.

Plany rozbudowy zakładów przemysłowych oraz projekty doskonalszych konstrukcji polskich samochodów uległy zniszczeniu podczas wojny.

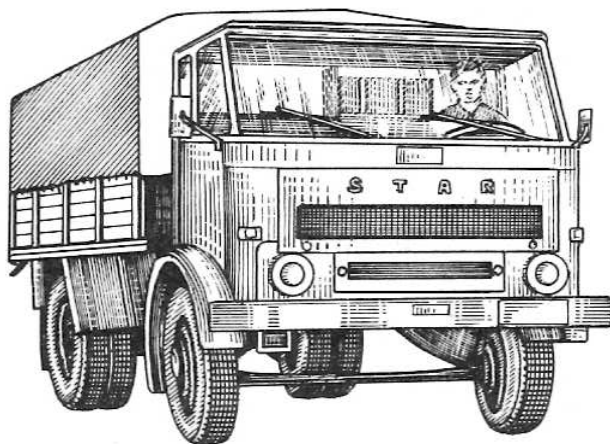
Po wojnie przemysł motoryzacyjny w Polsce trzeba było budować od podstaw. W roku 1946 podjęto decyzję o uruchomieniu w Starachowicach produkcji samochodu ciężarowego polskiej konstrukcji — Star. Pierwsze samochody typu Star 20 opuściły fabrykę dwa lata później, dając początek do dzisiaj modernizowanej rodzinie samochodów ciężarowych, produkowanych w Fabryce Samochodów Ciężarowych (FSC) w Starachowicach.

W roku 1951 rusza produkcja samochodu Warszawa M-20, wytwarzanego w Fabryce Samochodów Osobowych w Warszawie, oraz produkcja samochodu ciężarowego Lublin — w Fabryce Samochodów Ciężarowych w Lublinie. Dalszy rozwój motoryzacji przynosi, oprócz nieustannej modernizacji tych fabryk, coraz nowsze wytwórnie pojazdów samochodowych. Powstają Sanocka Fabryka Autobusów (SFA), Jelczańskie Zakłady Samochodowe (JZS), wytwarzające autobusy i ciężkie samochody ciężarowe, oraz Fabryka Samochodów Dostawczych (FSD) w Nysie. Wytwarzane tam samochody Nysa uzupełniają asortyment pojazdów dostawczych. Wcześniej produkcję samochodów dostawczych Żuk podjęła lubelska FSC.

Oprócz wytwórni samochodów powstają fabryki motocykli oraz fabryki specjalizujące się w produkcji zespołów pojazdów samochodowych.

Z czasem samochód Star 20 był kolejno zastępowany nowszymi modelami: Star 21, Star 25, Star 27, 28 (rys. 1.2) i 29 oraz Star 200. Jednocześnie na bazie samochodu Star budowano wiele pojazdów pochodnych, jak samochody samowyładowcze, ciągniki siodłowe, cysterny, samochody terenowe itd. Kolejne etapy rozwoju przechodziły samochody dostawcze Żuk i Nysa. Autobusy San, Jelcz, Sanok i Autosan, samochody osobowe Syrena, rodzina samochodów ciężarowych dużej ładowności

Rys. 1.2
Samochód ciężarowy
Star 28, stanowiący je-
den z etapów rozwoju
polskiej myśli konstruk-
cyjnej [2]



z wytwórni w Jelczu i wreszcie cała gama motocykli (WFM, WSK, Junak i skuter Osa) — to pojazdy wyznaczające kolejne etapy polskiej motoryzacji.

Nowy etap otworzyło rozpoczęcie w roku 1965 produkcji samochodu Polski Fiat 125p, wytwarzanego na licencji włoskiej firmy FIAT. Zakupienie tej licencji łącznie z nowoczesną dokumentacją technologiczną oraz nowoczesnymi maszynami i urządzeniami produkcyjnymi przyspieszyło modernizację nie tylko FSO w Warszawie, ale także dziesiątków współpracujących z nią mniejszych zakładów.

W roku 1971 współpraca z firmą FIAT została rozszerzona przez rozpoczęcie produkcji samochodu Polski Fiat 126p w Fabryce Samochodów Małolitrażowych w Bielsku-Białej i w Tychach. Kolejnym owocem już nie licencji, lecz współpracy z firmą FIAT, był także Polonez.

Kontynuacja współpracy polskiego przemysłu motoryzacyjnego z firmą FIAT oraz coraz bliższe kontakty z innymi wytwórcami samochodów (np. Volvo, Steyr, Peugeot czy Volkswagen) sprawiają, że Polska dołącza do światowej rodziny producentów sprzętu motoryzacyjnego.

1.3

Współczesny przemysł samochodowy

Cechą charakterystyczną współczesnego przemysłu samochodowego jest produkcja wielkoseryjna. Liczby produkowanych przez pojedyncze wytwórnie pojazdów w ciągu roku wynoszą od kilkudziesięciu tysięcy samochodów ciężarowych do kilkuset tysięcy samochodów osobowych. Jest oczywiste, że samochody nie są wytwarzane od początku do końca w jednej fabryce; wiele zespołów i elementów jest produkowanych w dziesiątkach

1.6
samochodu

mniejszych, pomocniczych wytwórni. Zespoły te są transportowane do głównej fabryki, gdzie wykonuje się końcowy montaż samochodu.

Nie mniej istotną sprawą dla prawidłowego działania przemysłu motoryzacyjnego są problemy produkcji ogumienia samochodowego oraz paliw i smarów. Tymi zagadnieniami jednak zajmują się osobne wytwórnie.

Równie ważne jest zapewnienie wprodukowanym samochodom prawidłowej obsługi technicznej, a także wystarczającej liczby części zamiennych. Ogrom problemów z tym związanych sprawia, że obsługą zajmują się zwykle oddzielne przedsiębiorstwa, działające w porozumieniu z wytwórniami pojazdów.

Postęp techniczny w powiązaniu z bodźcami ekonomicznymi sprawia, że zmiany konstrukcji samochodów są dokonywane często, niejednokrotnie co roku. Powoduje to konieczność dynamicznego działania wytwórni pojazdów i wszystkich zakładów kooperujących; zmiana konstrukcji wymaga bowiem zwykle zmian w technologii.

Wszystko to sprawia, że przemysł samochodowy jest jednym z przemysłów wiodących. Istotnym bodźcem do tak prężnego działania jest fakt, że z samochodami styka się każdy w codziennym życiu, a więc produkty przemysłu samochodowego są poddawane nieustannej, krytycznej ocenie odbiorców — użytkowników.

1.4 Gospodarcze znaczenie motoryzacji

Różnorodność wytwarzanych typów i odmian samochodów wynika z wszechstronności zadań, jakie stawia pojazdom samochodowym współczesna gospodarka. Samochód jest środkiem transportu tam, gdzie nie docierają ani kolej, ani samolot. Żaden inny środek transportu nie zastąpi samochodu w zaopatrzeniu, handlu i budownictwie. Pojazd samochodowy jest niezastąpiony w transporcie na wielkie odległości. Coraz częściej ciężki transport samochodowy zastępuje kolej w przewozach na znacznych dystansach.

Rozwój przemysłu samochodowego jest niezbędny w ogólnym rozwoju gospodarczym kraju. Przemysł samochodowy oraz wszystkie związane z nim gałęzie gospodarki zatrudniają dziesiątki tysięcy ludzi. Rozwój przemysłu samochodowego pociąga za sobą rozwój innych gałęzi przemysłu, jak metalurgia, chemia, przemysł maszynowy itd., oraz powoduje konieczność rozbudowy sieci dróg i zaplecza obsługowego.

Rozwojowi motoryzacji towarzyszą także pewne ujemne, nieuniknione zjawiska. Wzrost liczby wypadków drogowych, większy hałas w miastach, zanieczyszczenie atmosfery składnikami toksycznymi spalin — to tylko niektóre z nich. Te ujemne zjawiska są znane, lecz nie lekceważone. Podejmuje się wiele działań, których zadaniem jest zmniejszenie ujemnych skutków motoryzacji. Nowe rozwiązania drogowe, bezkolizyjne skrzyżowania, bezpieczniejsza konstrukcja samochodów, nowe konstrukcje silników, mające na celu zmniejszenie zawartości składników szkodliwych w spalinach itp., to właśnie wyniki tych działań.

Gospodarcze znaczenie motoryzacji sprawia, że jeszcze przez wiele lat pojazd samochodowy pozostanie podstawowym środkiem transportu, mającym ogromny wpływ na kształtowanie oblicza gospodarczego każdego kraju.

1.5

Definicja pojazdu samochodowego

Zgodnie z definicją podaną w *Prawie o ruchu drogowym* pojazdem samochodowym nazywamy pojazd wyposażony w silnik, którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością przekraczającą 25 km/h, z wyjątkiem motoroweru, pojazdu szynowego i ciągnika rolniczego.

Ogromna różnorodność pojazdów samochodowych sprawia, że pomocne jest ich sklasyfikowanie według pewnych wspólnych, charakteryzujących je cech. Jednym ze sposobów klasyfikacji pojazdów samochodowych jest ich pogrupowanie według wykonywanych przez nie zadań. Pojazdy samochodowe można podzielić na:

- Pojazdy przeznaczone do przewozu osób; są to samochody osobowe, autobusy, motocykle.
- Pojazdy przeznaczone do przewozu ładunków; są to samochody ciężarowe zarówno z uniwersalną skrzynią ładunkową, jak i samochody do przewozów specjalistycznych (cysterny, chłodnie itp.).
- Pojazdy specjalnego przeznaczenia; są to pojazdy spełniające różne inne funkcje, nie przeznaczone do przewozu ładunków. Pojazdami specjalnego przeznaczenia są na przykład samochody pożarnicze, karetki pogotowia, śmieciarki.
- Ciągniki drogowe.
- Pojazdy wojskowe.

W każdej z tych grup pojazdów można następnie wyróżnić podgrupy, stosując założone kryterium podziału. Kryterium tym może być konstrukcja pojazdów, ich zdolność przewozowa lub jeszcze inne właściwości, które charakteryzują w pewien sposób pojazd i określają jego przeznaczenie.

1.6 Zasadnicze zespoły samochodu

Bez względu na rodzaj pojazdu samochodowego można wydzielić w nim trzy zasadnicze grupy zespołów:

- silnik;
- podwozie;
- nadwozie.

Silnik stanowi zespół dostarczający energii do napędu pojazdu. W przypadku silnika spalinowego energia ta jest czerpana z paliwa. W pojeździe samochodowym napędzanym silnikiem elektrycznym silnik czerpie energię z akumulatorów.

Podwozie stanowi grupę zespołów niezbędnych do przeniesienia energii z silnika na koła pojazdu.

Nadwozie ma za zadanie zapewnienie najwłaściwszych warunków przewozu osób lub ładunków, a w przypadku samochodów specjalnego przeznaczenia — warunków spełnienia określonych zadań.

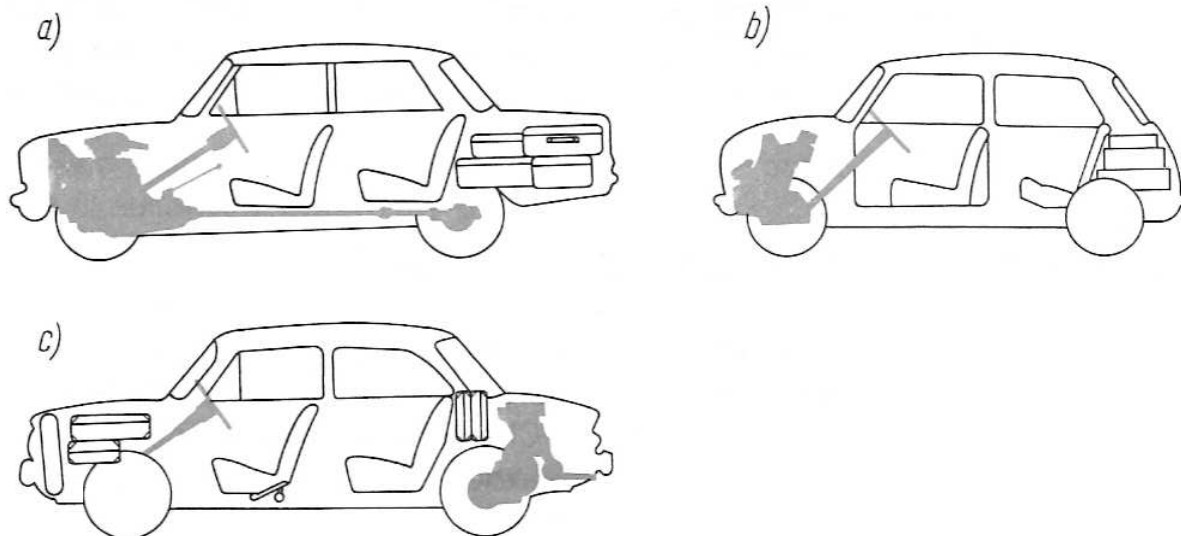
1.7 Ogólny układ konstrukcyjny

Decydujący wpływ na układ konstrukcyjny całego pojazdu ma sposób usytuowania jego silnika oraz ustalenie, które koła samochodu są kołami napędzanymi.

W samochodach osobowych są stosowane trzy zasadnicze rodzaje układu konstrukcyjnego (rys. 1.3), a mianowicie:

- Umieszczony z przodu silnik napędza koła tylne. Układ taki jest nazywany układem klasycznym (rys. 1.3a).

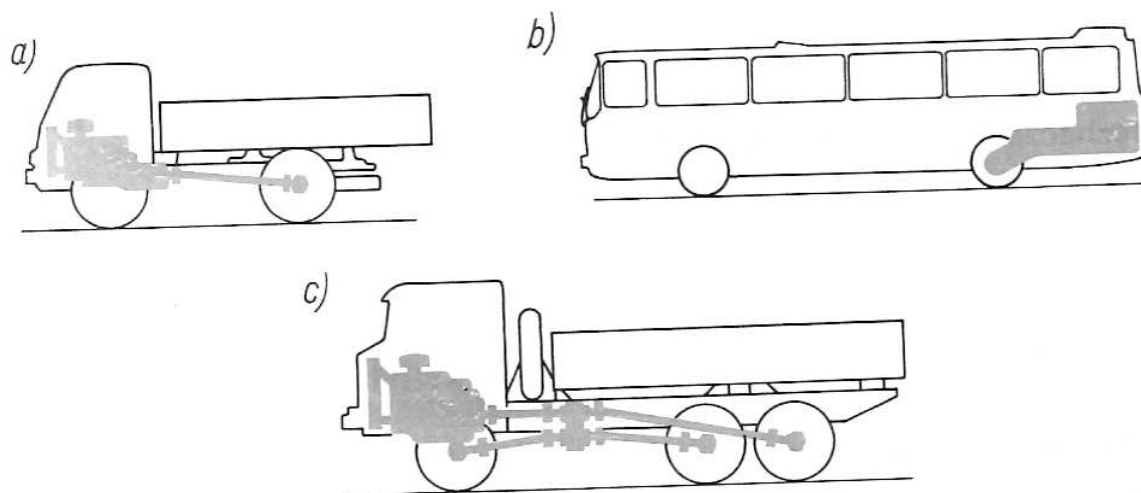
Rys. 1.3
Zasadnicze rodzaje układów konstrukcyjnych samochodów:
a) układ klasyczny,
b) zblokowany układ z napędem przednim,
c) zblokowany układ z napędem tylnym [16]



- Umieszczony z przodu silnik napędza koła przednie. Układ taki jest nazywany zblokowanym układem z napędem przednim (rys. 1.3b).
- Umieszczony z tyłu silnik napędza koła tylne. Układ taki jest nazywany zblokowanym układem napędowym z napędem tylnym (rys. 1.3c).

W samochodach ciężarowych i ciągnikach drogowych z reguły jest stosowany układ klasyczny (rys. 1.4a); w takich pojazdach napęd bywa niekiedy doprowadzany do więcej niż jednej osi tylnej.

W autobusach układ klasyczny obecnie jest rzadko stosowany. Zastąpiono go zblokowanym napędem tylnym, umożliwiającym obniżenie podłogi oraz lepsze wykorzystanie wnętrza autobusu



Rys. 1.4

Rozmieszczenie zespołów napędowych: a) układ klasyczny w samochodzie ciężarowym, b) zblokowany układ z napędem tylnym w autobusie, c) napęd na wszystkie osie w samochodzie terenowym [11]

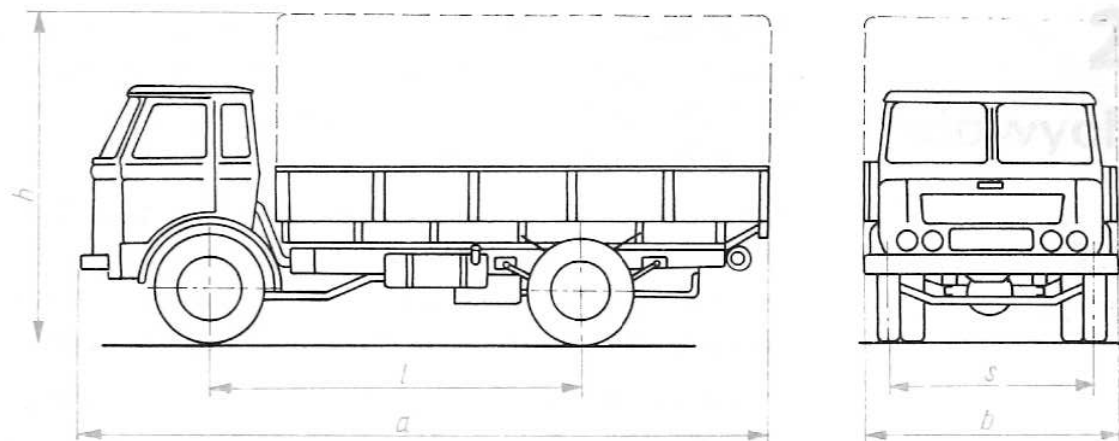
(rys. 1.4b). W nowych konstrukcjach autobusów coraz częściej stosuje się płaskie silniki umieszczane pod podłogą. Takie rozwiązanie umożliwia jeszcze lepsze wykorzystanie wnętrza pojazdu.

W pojazdach przeznaczonych do poruszania się zarówno po drogach, jak i w terenie stosuje się napęd na wszystkie osie (rys. 1.4c). Umożliwia to pełniejsze wykorzystanie siły napędowej, napędzającej w tym przypadku wszystkie koła pojazdu.

1.8

Charakterystyka techniczna pojazdu

Charakterystyka techniczna pojazdu jest zbiorem informacji umożliwiających porównanie właściwości technicznych różnych typów pojazdów. Charakterystyka taka obejmuje podstawowe wymiary i masę pojazdu, jego właściwości ruchowe, dane określające konstrukcję itp.



Rys. 1.5
Podstawowe wymiary
pojazdu [11]

Porównanie danych technicznych charakteryzujących pojazd jest możliwe tylko wtedy, gdy wszystkie parametry pojazdu są jednoznacznie zdefiniowane. Definicje najważniejszych parametrów charakteryzujących pojazd są następujące.

Długość pojazdu a — odległość między skrajnymi (przednim i tylnym) punktami pojazdu mierzona równoległe do jego osi podłużnej (rys. 1.5).

Szerokość pojazdu b — odległość między skrajnymi punktami poprzecznego obrysu pojazdu (z uwzględnieniem luster, kierunkowskazów itp., jeżeli są one przymocowane w sposób nieruchomy).

Wysokość pojazdu h — odległość między płaszczyzną jezdni a równoległą do niej płaszczyzną przechodzącą przez najwyższy położony punkt pojazdu nie obciążonego (o masie własnej).

Rozstaw osi l — odległość między prostymi łączącymi środki kół poszczególnych osi.

Rozstaw kół s — odległość między punktami styku z powierzchnią jezdni środków bieżników opon tej samej osi (dla kół pojedynczych).

Masa własna pojazdu — masa kompletnego pojazdu łącznie z masą paliwa, olejów, smarów i innych cieczy w ilości nominalnej oraz normalnego wyposażenia, bez masy załogi.

Maksymalna masa całkowita pojazdu — masa ustalona przez producenta dla określonych warunków pracy.

Dopuszczalna masa całkowita pojazdu — masa pojazdu ustalona przez władze administracyjne dopuszczające go do ruchu.

Ładowność — różnica między maksymalną masą całkowitą a masą własną pojazdu.

Ładowność dopuszczalna — różnica między dopuszczalną masą całkowitą a masą własną pojazdu.



Prędkość maksymalna — największa średnia prędkość, jaką może osiągnąć pojazd nie obciążony ze startu lotnego, w określonych normami szczegółowymi warunkach pomiaru, na odcinku drogi o długości 1000 m.

Prędkość maksymalna użyteczna — największa średnia prędkość, jaką może osiągnąć pojazd o dopuszczalnej masie całkowitej ze startu lotnego w określonych normami szczegółowymi warunkach pomiaru, na odcinku drogi o długości 1000 m.

Prędkość ekonomiczna — prędkość, przy której pojazd o dopuszczalnej masie całkowitej, w określonych normami szczegółowymi warunkach pomiaru, zużywa najmniej paliwa.

Przytoczone definicje dotyczą tylko niektórych, wybranych przykładowo, parametrów pojazdu. Pełna charakterystyka techniczna obejmuje także wiele innych wielkości, definiujących przyspieszenia osiągane przez pojazd, długość drogi hamowania, stateczność pojazdu, jego głośność, widoczność z miejsca kierowcy itp. Wszystkie te dane, określane z użyciem specjalnej aparatury pomiarowej, stanowią zestaw umożliwiający ocenę technicznych zalet i wad pojazdu.

Silniki pojazdów samochodowych

2.1

Podstawowe wiadomości o spalaniu

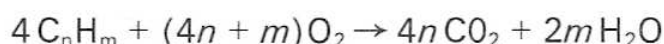
2.1.1

Istota procesu spalania

Spalanie jest reakcją chemiczną utleniania paliwa, połączoną z wydzielaniem znacznych ilości ciepła. Silnik spalinowy jest więc urządzeniem technicznym, które zamienia energię chemiczną paliwa na energię cieplną w procesie spalania, a następnie przetwarza tę energię na pracę mechaniczną, wykorzystywaną do napędu pojazdów samochodowych.

W silnikach samochodowych jest spalane ciekłe paliwo węglowodorowe o zasadniczym składzie C_nH_m , gdzie C i H są symbolami chemicznymi węgla i wodoru, natomiast n i m są liczbami całkowitymi, określającymi zawartość każdego z tych składników w cząsteczce paliwa (np. $C_{16}H_{30}$).

Zasadniczą, uproszczoną reakcję spalania (czyli utleniania) można zapisać w postaci



Z powyższego wzoru wynika, że produktami spalania, przy właściwie dobranej proporcji paliwa C_nH_m oraz tlenu O_2 , są: dwutlenek węgla CO_2 oraz woda H_2O .

2.1.2

Skład mieszanki palnej

Niezbędnym warunkiem poprawnego spalania jest właściwe dobranie ilości paliwa oraz powietrza; dopiero bowiem wskutek wymieszania paliwa i powietrza w odpowiedniej proporcji uzyskuje się mieszaninę palną o odpowiednich właściwościach. Skład mieszaniny palnej (zwanej dalej mieszanką) określa się zwykle stosunkiem mas powietrza i paliwa zmieszanych przed spalaniem; stosunek masy powietrza do masy paliwa powinien być zbliżony do 15.

Mieszanka o nadmiernej w stosunku do masy powietrza ilości paliwa jest nazywana *mieszaną bogatą*. Niedomiar powietrza uniemożliwia całkowite spalenie paliwa, toteż część paliwa zostaje zmarnowana, ulatując ze spalinami.

Mieszanka o zbyt małej w stosunku do masy powietrza ilości paliwa jest nazywana *mieszaną ubogą*. Niewielki nadmiar powietrza może być w pewnych okolicznościach korzystny dla procesu spalania, natomiast jego znaczny nadmiar powoduje niedopuszczalnie powolne spalanie lub nawet uniemożliwia zapalenie mieszanki.

W obu przypadkach, zarówno mieszanki zbyt bogatej jak i zbyt ubogiej, spalanie jest nieprawidłowe — powoduje spadek mocy silnika, zwiększone zużycie paliwa, silne zanieczyszczenie spalin składnikami toksycznymi oraz inne szkodliwe dla silnika zjawiska.

2.1.3

Zapłon mieszanki

Nawet właściwie przygotowana mieszanka palna nie zapali się samorzutnie w temperaturze pokojowej. Aby spowodować zapalenie się (zapłon) mieszanki, należy podgrzać ją do temperatury zapłonu albo wywołać w niej wyładowanie elektryczne w postaci iskry. Możliwe jest także użycie obu metod jednocześnie.

W silnikach spalinowych do podgrzania mieszanki palnej wykorzystuje się proces sprężania mieszanki w cylindrze. W osiągniętej tą drogą dostatecznej temperaturze mieszanka bądź zapala się samoczynnie, bądź jest zapalana iskrą elektryczną.

2.2

Ogólna budowa silnika spalinowego

2.2.1

Zadania stawiane silnikowi

Jak wspomniano uprzednio, silnik spalinowy jest maszyną, w której następuje zamiana energii chemicznej zawartej w dostarczonym do niej paliwie na pracę mechaniczną. Proces ten odbywa się w drodze spalania odpowiednio uprzednio przygotowanej mieszaniny paliwa z powietrzem w zamkniętej wtedy komorze spalania. Uzyskana w wyniku spalania znaczna temperatura gazów spalinowych powoduje stosowny wzrost ciśnienia tych gazów w komorze spalania. Ciśnienie to mechanizm silnika przetwarza na pracę mechaniczną, czego efektem jest moment obrotowy na wale korbowym silnika. Moment ten jest przekazywany z silnika na koła samochodu.

Aby mógł nastąpić całkowity cykl przemiany energii chemicznej w mechaniczną, należy:

- dostarczyć do silnika paliwo i powietrze w odpowiedniej proporcji;
- zapewnić właściwe wymieszanie obu składników;
- zapewnić odpowiednie wstępne sprężenie mieszanki;
- spowodować zapalenie tej mieszanki;
- zapewnić warunki odpowiednie do spalania mieszanki;
- zapewnić możliwość przetworzenia uzyskanego w wyniku spalania znacznego ciśnienia gazów spalinowych na pracę mechaniczną.

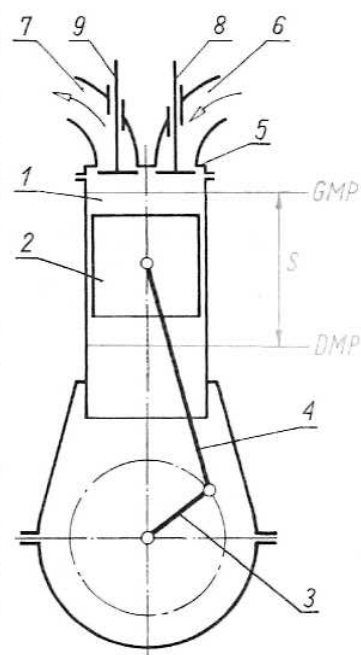
2.2.2 Zasada budowy silnika

Schemat tłokowego silnika spalinowego przedstawia rys. 2.1. W cylindrze 1 jest umieszczony tłok 2, który może się przesuwąć wzdłuż osi cylindra. Tłok jest połączony z wałem korbowym 3 za pomocą korbowodu 4, powiązanego przegubowo zarówno z tłokiem, jak i wałem korbowym. Wymienione elementy tworzą mechanizm korbowy, który zamienia postępowo-zwrotny ruch tłoka na ruch obrotowy wału korbowego.

Skrajne położenia tłoka przyjęto nazywać górnym i dolnym martwym położeniem (*GMP* i *DMP*), przy czym *GMP* odpowiada położeniu tłoka najbardziej odległemu od wału korbowego.

Suwem tłoka nazywa się przesunięcie tłoka między *GMP* i *DMP* lub odwrotnie. Długość suwu nazwano *skokiem tłoka* (*S*). Cylinder jest przykryty głowicą 5. Przestrzeń, która powstaje między tłokiem znajdującym się w *GMP* a głowicą, nazywa się *komorą spalania*.

Do głowicy są doprowadzone dwa przewody — dolotowy 6 i wylotowy 7 — zamykane zaworami dolotowym 8 i wylotowym 9. Zgodnie z nazwami przewody te i zawory służą do napełniania (dolot) cylindra świeżą mieszanką oraz do usuwania z niego spalin (wylot). Ruchem zaworów steruje mechanizm rozrządu.



Rys. 2.1
Schemat tłokowego silnika spalinowego [7]
1 — cylinder, 2 — tłok, 3 — wał korbowy, 4 — korbowód, 5 — głowica, 6 i 7 — przewody dolotowy i wylotowy, 8 i 9 — zawory dolotowy i wylotowy

2.2.3 Podstawowe zespoły silnika

W skład tłokowego silnika spalinowego wchodzi następujące zespoły:

- *Kadłub*, stanowiący szkielet łączący w całość wiele mechanizmów i części silnika. W kadłubie są umieszczone cylindry silnika. W nim są także osadzone wał korbowy, elementy mechanizmu rozrządu itd.

- *Głowica*, przykrywająca kadłub z cylindrami. W głowicy znajdują się przewody dolotowe i wylotowe oraz związane z zaworami elementy mechanizmu rozrządu.
- *Mechanizm korbowy*, którego zadaniem jest zamiana postępowego ruchu tłoka na ruch obrotowy wału korbowego.
- *Mechanizm rozrządu*, który steruje pracą zaworów dolotowego i wylotowego.
- *Układ olejenia*, którego zadaniem jest dostarczanie oleju do wszystkich punktów silnika wymagających smarowania.
- *Układ chłodzenia*, którego zadaniem jest odprowadzanie z cylindrów silnika nadmiernej ilości ciepła wywiązywanego podczas spalania.
- *Układ zasilania*, którego zadaniem jest dostarczanie do cylindrów paliwa i powietrza w odpowiednich proporcjach.
- *Układ wylotowy*, którego zadaniem jest odprowadzanie do atmosfery spalin usuwanych z cylindrów silnika.

2.2.4

Zasadniczy podział silników spalinowych

Jednym z podstawowych kryteriów klasyfikacji silników spalinowych jest sposób zapłonu mieszanki. Na podstawie tego kryterium silniki spalinowe można podzielić na:

- *Silniki o zapłonie iskrowym*. W silniku takim cylinder jest napełniany mieszanką, która sprężona wstępnie przez tłok jest zapalana iskrą elektryczną, wzbudzaną między elektrodami umieszczonej w komorze spalania świecy zapłonowej.
- *Silniki o zapłonie samoczynnym*. W silniku takim cylinder jest napełniany czystym powietrzem. Powietrze to zostaje także wstępnie sprężone przez tłok, lecz znacznie silniej niż mieszanka w silniku z zapłonem iskrowym. Do zawartego w komorze spalania silnie rozgrzanego (w wyniku sprężania) powietrza zostaje wtrysnięte paliwo. Pod wpływem wysokiej temperatury paliwo ulega samozapaleniu.

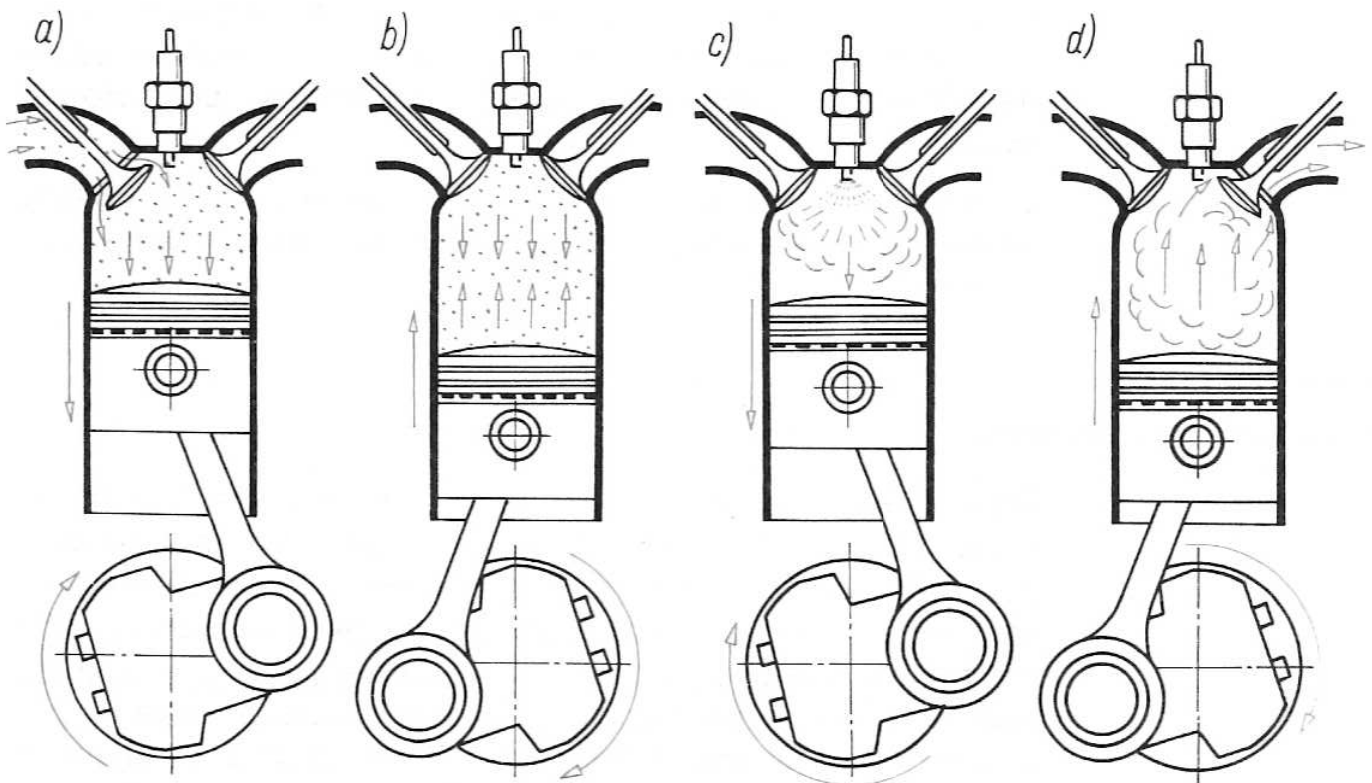
Innym istotnym kryterium podziału silników spalinowych jest liczba wykonywanych przez tłok suwów w pojedynczym cyklu pracy silnika. Stosując takie kryterium podziału silniki spalinowe można podzielić na ● *silniki czterosuwowe* i ● *silniki dwusuwowe*. Jak wynika z nazwy, w silniku czterosuwowym pełen cykl pracy (obejmujący napełnienie cylindra mieszanką, jej wstępne sprężenie, spalanie oraz usunięcie spalin z cylindra) zamyka się w czterech suwach tłoka, czyli wymaga czterokrotnego przebycia przez tłok drogi między *GMP* i *DMP*. W silniku dwusuwowym pełen cykl zamyka się w dwóch zaledwie suwach tłoka.

2.3 Silniki czterosuwowe o zapłonie iskrowym

2.3.1 Zasada działania

Działanie czterosuwowego silnika o zapłonie iskrowym przedstawia rys. 2.2. Jednemu pełnemu cyklowi pracy takiego silnika odpowiadają cztery suwy tłoka:

- *Suw dolotu* (rys. 2.2a). Podczas suwu dolotu tłok przesuwa się od *GMP* do *DMP*, przy czym zawór dolotowy jest otwarty. Sunący ku *DMP* tłok zasysa przez ten zawór mieszankę, uprzednio przygotowaną w układzie zasilania. W czasie tego suwu zawór wylotowy pozostaje zamknięty.



- *Suw sprężania* (rys. 2.2b). Po minięciu *DMP* tłok rozpoczyna ruch ku *GMP*, przy czym zawór dolotowy zostaje zamknięty. Pozostaje także zamknięty zawór wylotowy. Sunący ku *GMP* tłok spręża wypełniającą cylinder mieszankę, która w *GMP* tłoka zajmuje już tylko objętość komory spalania.

- *Suw pracy* (rys. 2.2c). W chwili gdy tłok znajduje się w pobliżu *GMP*, przeskok iskry elektrycznej między elektrodami świecy zapłonowej powoduje zapłon sprężonej mieszanki. Mieszanka spala się gwałtownie, a wywiązująca w procesie spalania znaczna ilość ciepła powoduje wzrost temperatury gazów spalino-

Rys. 2.2
Zasada działania silnika czterosuwowego o zapłonie iskrowym: a) napełnianie cylindra mieszanką (dolot), b) sprężanie, c) praca, d) wylot [2]

wych, a tym samym szybki, kilkakrotny wzrost ciśnienia nad tłokiem. Dążące do rozprężenia się gazy cisną na tłok przesuwając go ku *DMP*; rozprężające się spaliny wykonują pracę. W czasie suwu pracy obydwa zawory pozostają zamknięte. Podczas suwu pracy objętość nad tłokiem zwiększa się, a więc maleje zarówno ciśnienie gazów w cylindrze, jak i ich temperatura.

- *Suw wylotu* (rys. 2.2d). Po wykonaniu suwu pracy tłok zaczyna ponownie sunąć ku *GMP*. Otwarty w tym czasie zawór wylotowy umożliwia wypchnięcie przez tłok spalin z cylindra. Proces usuwania spalin trwa aż do chwili zamknięcia zaworu wylotowego.

Gdy tłok po wykonaniu suwu wylotu znajdzie się w *GMP*, następuje zamknięcie zaworu wylotowego i otwarcie zaworu dolotowego; rozpoczyna się kolejny cykl pracy silnika.

W silnikach czterosuwowych praca użyteczna jest wykonywana tylko w czasie jednego suwu — suwu pracy. Podczas pozostałych trzech suwów zostają wykonane czynności przygotowawcze.

Czterem suwom tłoka, tzn. jednemu pełnemu cyklowi pracy silnika czterosuwowego, odpowiadają dwa obroty wału korbowego.

2.3.2

Wyprzedzenie zapłonu

Spalanie sprężonej mieszanki, znajdującej się w komorze spalania w określonych warunkach (temperatura, skład itp.), przebiega z określoną szybkością. Zainicjowany w okolicy elektrod świecy zapłonowej płomień potrzebuje pewnego czasu, aby dotrzeć do odległych od świecy zapłonowej punktów komory spalania. W miarę jak rozprzestrzenia się proces spalania, w cylindrze rośnie ciśnienie. Należy przy tym pamiętać, że ciśnienie to ulega nieustannym zmianom wskutek ciągłego ruchu tłoka.

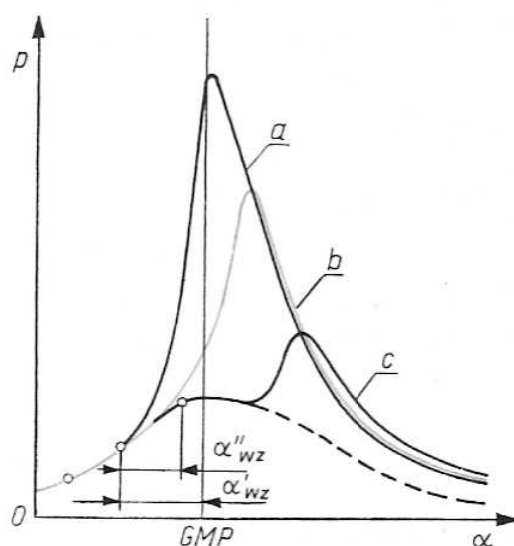
Zapalenie mieszanki w chwili, gdy tłok znajduje się w *GMP*, sprawiłoby, że przyrost ciśnienia spowodowany spalaniem mieszanki byłby niwelowany przez zmniejszenie ciśnienia wywołane ruchem tłoka oddalającego się już od *GMP*. W takim przypadku spalanie odbywałoby się przez znaczną część suwu pracy, a więc wykorzystanie energii wyzwolonej podczas spalania do wykonania pracy byłoby niewielkie.

Widać z tego, że sprężaną w cylindrze mieszankę trzeba zapalić dostatecznie wcześniej, zanim tłok osiągnie *GMP*, tak aby spalanie zakończyło się tuż po przejściu przez tłok *GMP*. W ten sposób

największe ciśnienie w cylindrze wystąpi na początku suwu pracy, dzięki czemu cały ten suw zostanie wykorzystany na wykonanie przez silnik pracy.

Należy dodać, że nadbyt wczesne zapalenie mieszanki także nie jest korzystne. W takim bowiem przypadku największe ciśnienie w komorze spalania wystąpi przed dojściem tłoka do *GMP*, będzie więc przeciwdziałać jego ruchowi, zmniejszając oddawaną przez silnik pracę.

Dla każdego silnika należy dobrać najkorzystniejszą chwilę wystąpienia zapłonu i odpowiednio wyregulować urządzenie zapłonowe (ustawić zapłon). Przy takim ustawieniu zapłonu silnik będzie pracował najsprawniej. Chwilę zapłonu określa się podając tzw. *wyprzedzenie zapłonu*. Jest to kąt, o który obróci się wał korbowy silnika od chwili zapłonu mieszanki do chwili dojścia tłoka do *GMP*.



Rys. 2.3

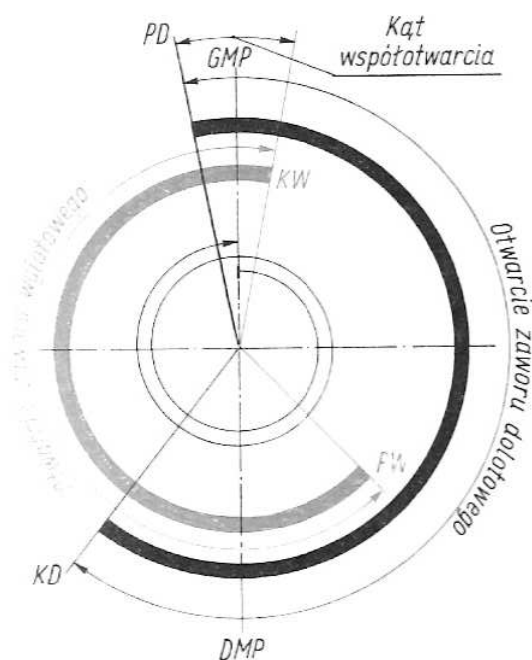
Wpływ wyprzedzenia zapłonu na przebieg narastania ciśnienia. Linia kreskowa przedstawia przebieg zmian ciśnienia podczas sprężania i rozprężania bez zapłonu [7]

a — zapłon przedwczesny, *b* — zapłon prawidłowy, *c* — zapłon zbyt późny, α'_{wz} i α''_{wz} — kąty wyprzedzenia-zapłonu. Punkty oznaczają chwilę zapłonu.

Rysunek 2.3 przedstawia, jak zmienia się ciśnienie p w cylindrze w czasie jednego cyklu pracy silnika, mierzonego kątem obrotu wału korbowego α . Widać tu omawiane skutki niewłaściwego ustawienia kąta wyprzedzenia zapłonu. Zapłon zbyt wczesny (krzywa *a*) sprawia, że znaczny przyrost ciśnienia przed dojściem tłoka do *GMP* przeciwdziała ruchowi tłoka. Zapłon za późny (krzywa *c*) powoduje znaczne obniżenie ciśnienia maksymalnego. Krzywa *b* ilustruje przebieg zmian ciśnienia w przypadku prawidłowego ustawienia zapłonu.

2.3.3 Fazy rozrządu

W rzeczywistym silniku otwieranie i zamykanie zaworów dolotowego i wylotowego nie następuje dokładnie w *GMP* i *DMP*. Przyczyną tego są zjawiska dynamiczne ruchu gazów w przewo-



Rys. 2.4
Wykres faz rozrządu [2]
PD i PW — początek otwarcia zaworów dolotowego i wylotowego, KD i KW — koniec dolotu i wylotu (zamknięcie zaworów dolotowego i wylotowego)

dach dolotowym i wylotowym, które sprawiają, że zawory są otwierane wcześniej i zamykane później, niż wynikałoby to z omówionej teoretycznej zasady działania silnika.

Początkowi otwarcia zaworów dolotowego i wylotowego (PD i PW) oraz chwilom ich zamknięcia (KD i KW) odpowiadają określone położenia kątowe wału korbowego silnika. Wartości tych kątów, odmierzanych obrotem wału korbowego, od chwili otwarcia (lub zamknięcia) zaworu do chwili osiągnięcia przez tłok najbliższego martwego położenia, nazywane są *fazami rozrządu*. Wykres faz rozrządu pokazano na rys. 2.4. Obrazuje on otwieranie i zamykanie zaworów podczas jednego cyklu pracy silnika (dwóch

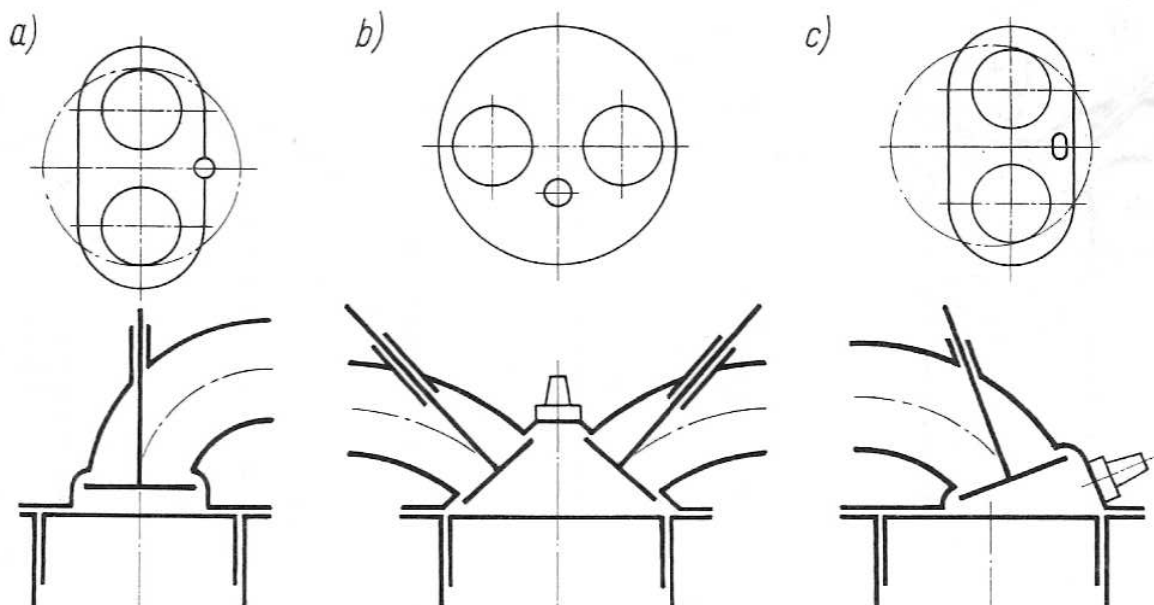
obrotów wału korbowego). Zawór dolotowy otwiera się przed GMP, a zamyka po DMP. Zawór wylotowy zostaje otwarty przed DMP, a zamyka się po GMP. Zwraca uwagę fakt, że w pobliżu GMP obydwie zawory — dolotowy i wylotowy — pozostają przez pewien czas otwarte. Taka sytuacja jest możliwa jedynie w przypadku prawidłowego dla danego silnika dobrania faz rozrządu. Fazy rozrządu dobiera się doświadczalnie. Ich właściwe dobranie zapewnia silnikowi najlepsze w danych warunkach napętnienie cylindra świeżą mieszanką oraz dokładne oczyszczenie go ze spalin.

2.3.4

Paliwo i jego przygotowanie

Paliwem stosowanym w silnikach o zapłonie iskrowym jest benzyna. Jest ona dostarczana do silnika w stanie ciekłym i dozowana przez gaźnik w postaci mieszaniny z powietrzem. Do utworzenia mieszanki palnej niezbędne jest odparowanie benzyny oraz wymieszanie jej par z powietrzem. Obydwa te procesy odbywają się w przewodzie dolotowym, między gaźnikiem a wlotem do cylindra, oraz w samym cylindrze, zarówno podczas suwu dolotu, jak i sprężania.

Istotny wpływ na jakość mieszanki przygotowanej w cylindrze ma kształt komory spalania oraz sposób wprowadzenia do niej ładunku przez zawór dolotowy. Kształt komory spalania (zwanej także niekiedy komorą sprężania) powinien sprzyjać zawirowaniu wpływającej do niej mieszanki. Zawirowanie ułatwia wymieszanie paliwa z powietrzem oraz zwiększa szybkość spalania mieszanki. Przykłady kilku najczęściej stosowanych kształtów komór spalania pokazano na rys. 2.5.



Rys. 2.5
Komory spalania silników o zapłonie iskrowym: a) komora walcowa, b) komora półkulista, c) komora klinowa [7]

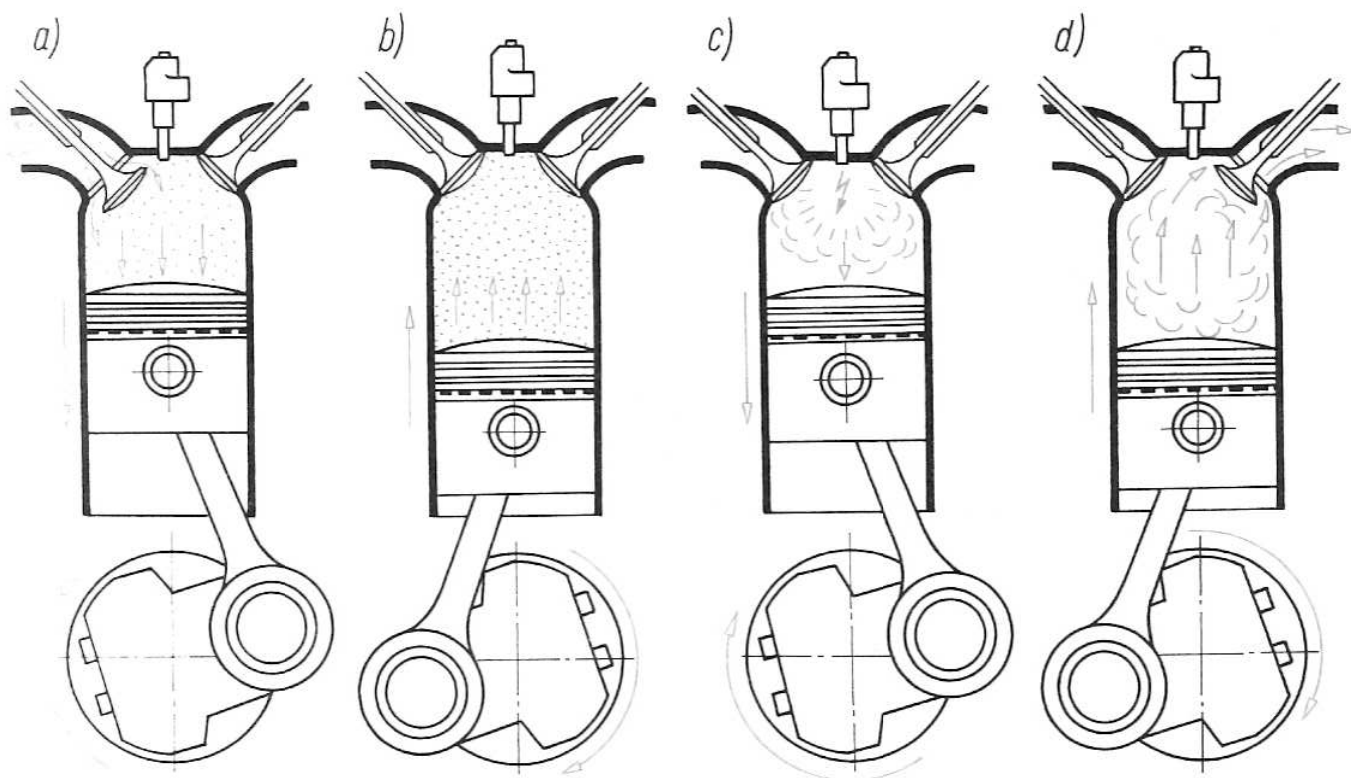
Wytworzonej z par benzyny oraz powietrza mieszanki nie można zbyt silnie sprężyć przed zapaleniem. Prowadziłoby to bowiem do wystąpienia niewłaściwego, szkodliwego dla silnika, spalania stukowego. Jednym ze wskaźników jakości benzyny, charakteryzującym jej odporność na spalanie stukowe, jest *liczba oktanowa*. Stosowane w praktyce benzyny mają liczby oktanowe w granicach od 80 do 100; benzyna bardziej odporna na spalanie stukowe charakteryzuje się wyższą liczbą oktanową.

2.4 Silniki czterosurowe o zapłonie samoczynnym

2.4.1 Zasada działania

Działanie czterosurowego silnika o zapłonie samoczynnym przedstawia rys. 2.6. Podczas jednego cyklu pracy w silniku takim zachodzą kolejno następujące procesy:

- *Suw dolotu*. Podczas suwu dolotu (rys. 2.6a) tłok przesuwają się od *GMP* do *DMP*, przy czym zawór dolotowy jest otwarty. Sunący ku *DMP* tłok zasysa przez ten zawór powietrze (a nie mieszankę, jak w przypadku silnika o zapłonie iskrowym), doprowadzane przez przewód dolotowy. W czasie tego suwu zawór wylotowy pozostaje zamknięty.
- *Suw sprężania* (rys. 2.6b). Po minięciu *DMP* tłok rozpoczyna ruch ku *GMP*, przy czym zawór dolotowy zostaje zamknięty. Pozostaje także zamknięty zawór wylotowy. Sunący ku *GMP* tłok spręża wypełniające cylinder powietrze. W silniku o zapłonie samoczynnym sprężanie jest o wiele silniejsze niż w silniku



Rys. 2.6
Zasada działania silnika
czterosuwowego o za-
płonie samoczynnym:
a) napełnianie cylindra
powietrzem, b) spręża-
nie, c) praca, d) wylot
[2]

o zapłonie iskrowym, sprężane jest bowiem czyste powietrze, nie zmieszane z paliwem, którego obecność mogłaby grozić przedwczesnym zapłonem. W wyniku tak silnego sprężania powietrze nagrzewa się osiągając znaczną temperaturę.

- *Suw pracy* (rys. 2.6c). W okolicy *GMP* tłoka następuje wtrysk ciekłego paliwa do komory spalania. W panującej tam dość wysokiej temperaturze wtrysnięte do sprężonego powietrza paliwo szybko odparowuje i zapala się. W wyniku spalania rośnie temperatura gazów w cylindrze, a tym samym zwiększa się znacznie panujące w nim ciśnienie. Następuje rozprężanie gazów spalinowych, które cisnąc na tłok wykonują pracę. W czasie suwu pracy obydwa zawory pozostają zamknięte.

- *Suw wylotu* (rys. 2.6d). Tłok ponownie sunie ku *GMP* wypychając z cylindra spaliny przez otwarty teraz zawór wylotowy. Z chwilą dojścia tłoka do *GMP* zamyka się zawór wylotowy, otwiera dolotowy i rozpoczyna się kolejny cykl pracy silnika.

Wtryskiem paliwa nazywa się wprowadzenie do komory spalania pod znacznym ciśnieniem strumienia rozpylonego paliwa ciekłego, które napotykając opór sprężonego w komorze powietrza ulega dalszemu rozdrobnieniu.

W czterosuwowym silniku o zapłonie samoczynnym, podobnie jak w analogicznym silniku o zapłonie iskrowym, na każdy cykl pracy przypadają dwa obroty wału korbowego. Praca jest wykonywana w czasie jednego suwu tłoka, a pozostałe są suwami przygotowawczymi.

W rzeczywistym silniku czterosuwowym o zapłonie samoczynnym bardzo istotne jest zagadnienie faz rozrządu, omówione poprzednio w odniesieniu do silnika o zapłonie iskrowym.

2.4.2

Wtrysk paliwa i spalanie

Paliwem stosowanym w silnikach o zapłonie samoczynnym jest olej napędowy. Jest on znacznie mniej lotny niż benzyna (wolniej paruje) i trudniejszy do zapalenia. Do jego samoczynnego zapalenia się w cylindrze niezbędna jest wysoka temperatura znajdującego się tam powietrza, uzyskiwana w wyniku silniejszego niż w silniku o zapłonie iskrowym sprężenia powietrza.

Jak wyjaśniono uprzednio, warunkiem poprawnego spalania mieszanki paliwa z powietrzem jest zapewnienie jej jednorodnego składu. Jednorodność składu mieszanki palnej w silniku o zapłonie iskrowym uzyskuje się przez dokładne wymieszanie paliwa z powietrzem jeszcze przed wprowadzeniem jej do cylindra. W silniku o zapłonie samoczynnym mieszanka palna jest przygotowywana w komorze spalania w bardzo krótkim czasie, w którym tłok znajduje się blisko *GMP*. Do komory spalania jest wtryskiwane paliwo ciekłe, a więc przed wymieszaniami z powietrzem konieczne jest jego odparowanie, co także wymaga pewnego czasu.

Jak widać, warunki przygotowania mieszanki palnej w silniku o zapłonie samoczynnym są znacznie gorsze. Uzyskanie właściwej mieszanki w komorze spalania jest możliwe w wyniku współdziałania dwóch procesów: wtrysnięcia paliwa do komory spalania w sposób zapewniający jego dokładne rozpylenie oraz wymieszania rozpylonego paliwa z powietrzem. Pierwszy z tych procesów zależy od sprawności wtryskiwacza oraz całego układu paliwowego podającego do niego paliwo (omówionego w rozdziale 2.14), natomiast drugi — od charakteru ruchu powietrza w komorze spalania, wywołanego odpowiednim ukształtowaniem komory spalania i przewodu dolotowego.

Pojęciu wyprzedzenia zapłonu w silniku o zapłonie iskrowym w silniku o zapłonie samoczynnym odpowiada *wyprzedzenie wtrysku*, mierzone i w tym przypadku kątem obrotu wału korbowego. Wczesne wtrysnięcie paliwa do komory spalania, jeszcze przed dojściem tłoka do *GMP* podczas suwu sprężania, jest konieczne, gdyż od chwili wtrysku do chwili zapalenia się mieszanki musi upłynąć pewien czas, a zapłon powinien nastąpić w pobliżu *GMP*. Czas ten jest potrzebny na wspomniane odparowanie paliwa, jego wymieszanie się z powietrzem i zapalenie. Także sam proces wtryskiwania paliwa wymaga pewnego

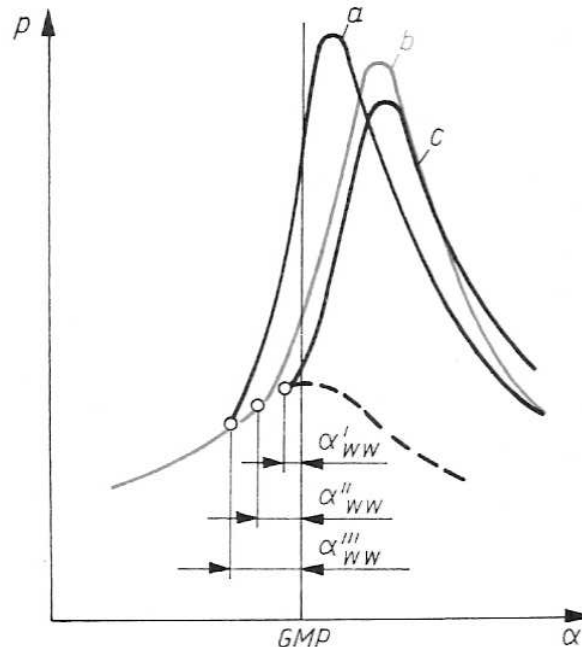
czasu. Podczas gdy wcześniej wtrysnięte paliwo już się pali, wtryskiwacz podaje jeszcze dalszą część jego dawki.

Przebieg zmian ciśnienia w cylindrze silnika o zapłonie samoczynnym w czasie jednego cyklu pracy przy różnych wyprzedzeniach wtrysku przedstawia rys. 2.7.

Rys. 2.7

Wpływ wyprzedzenia wtrysku na przebieg narastania ciśnienia. Linia kreskowa przedstawia przebieg zmian ciśnienia podczas sprężania i rozprężania bez zapłonu

a — wtrysk zbyt wczesny,
 b — wtrysk prawidłowy,
 c — wtrysk spóźniony,
 α'_{ww} , α''_{ww} , α'''_{ww} — kąty wyprzedzenia wtrysku. Punkty oznaczają chwilę wtrysku [7]



Zbyt późny wtrysk paliwa (niewielkie wyprzedzenie wtrysku) sprawia, że zapłon następuje po przejściu tłoka przez GMP , a więc już podczas rozprężania sprężonego uprzednio w komorze spalania powietrza. Wydłuża to czas spalania, czyniąc pracę silnika mało sprawną.

W przypadku zbyt wczesnego wtrysku (duże wyprzedzenie wtrysku) znaczna ilość paliwa zostaje wtrysnięta do cylindra, zanim temperatura powietrza wzrośnie (na skutek sprężania) na tyle, aby zainicjować spalanie. W rezultacie następuje nagłe spalanie się całego zgromadzonego w cylindrze paliwa, w wyniku czego ciśnienie wzrasta zbyt gwałtownie, nadmiernie obciążając części silnika.

2.4.3

Komory spalania

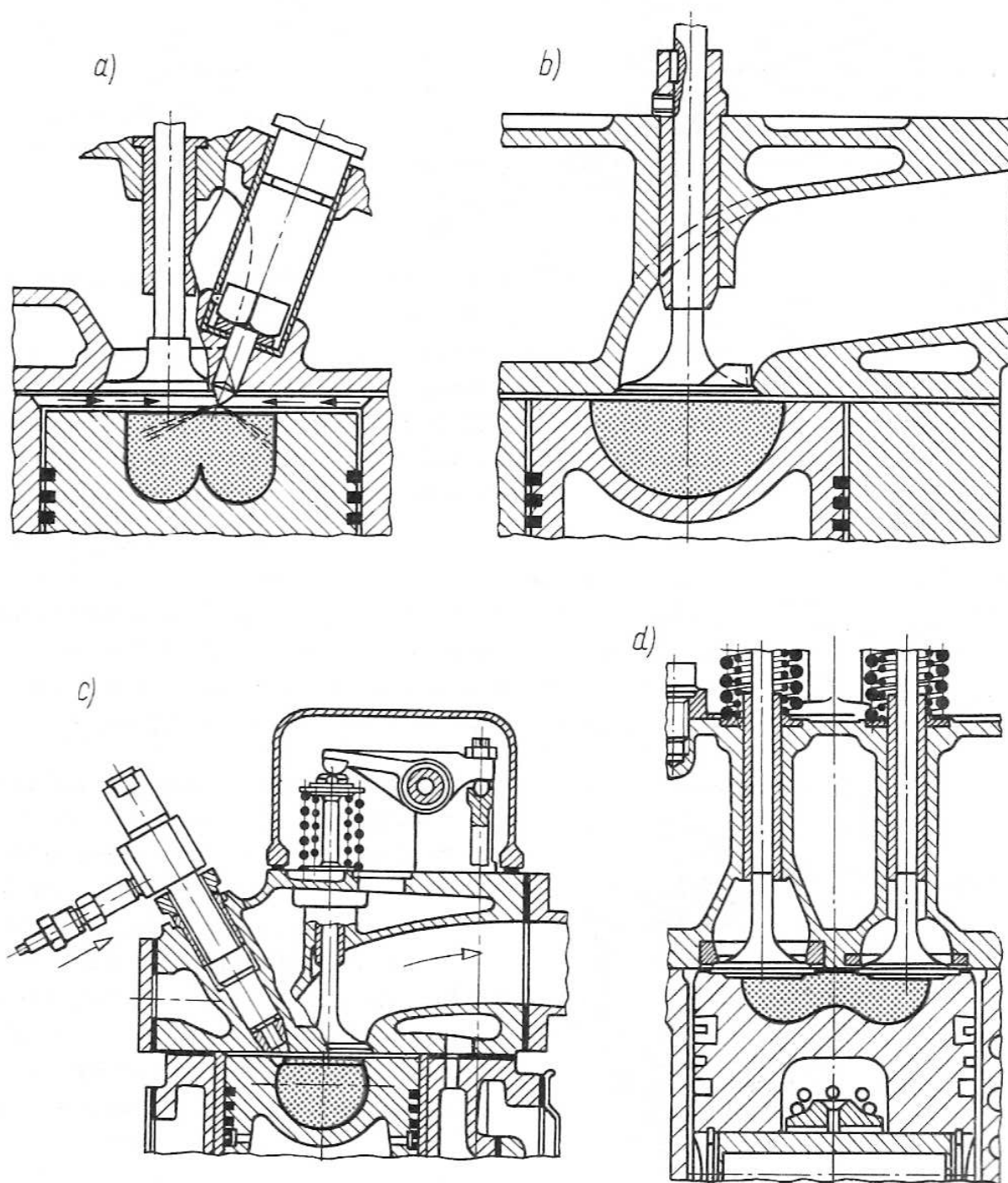
Rodzaje komór spalania. Komora spalania silnika o zapłonie samoczynnym musi zapewniać warunki odpowiednie do prawidłowego odparowania wtrysniętego paliwa, wymieszania go z powietrzem, zapalenia mieszanki oraz, w pewnym stopniu, do kontrolowania procesu spalania.

Komory spalania w silnikach o zapłonie samoczynnym można ogólnie podzielić na ● *niedzielone* i ● *dzielone*.

W każdej z tych grup istnieje wiele odmian. Stosuje się także komory spalania stanowiące rozwiązania pośrednie, łączące cechy charakterystyczne dla obu grup. Wielka różnorodność rozwiązań komór spalania sprawia, że nie sposób ich wszystkich opisać. Toteż poniżej zostanie przedstawionych zaledwie kilka zasadniczych, najpowszechniej stosowanych odmian.

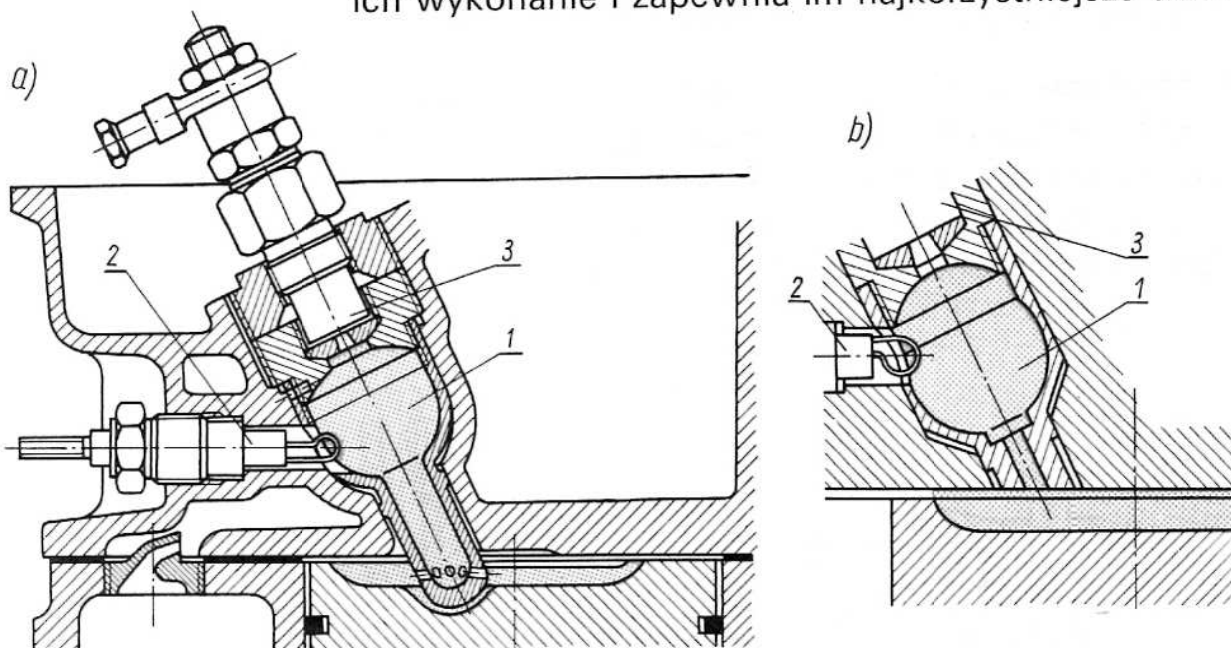
Komory niedzielone. Silniki z takimi komorami są nazywane silnikami z wtryskiem bezpośrednim. Komora niedzielona składa się z jednej części, w której zarówno tworzy się, jak i spala cała objętość mieszanki. Właściwe wymieszanie paliwa z powietrzem zapewnia odpowiedni sposób wtrysku paliwa oraz zawirowanie

Rys. 2.8
Niedzielone komory spalania silników z wtryskiem bezpośrednim: a) AEC, b) FIAT, c) MAN-M, d) Leyland [7]



powietrza w czasie napełniania nim cylindra i podczas sprężania. Kształt komory spalania ma tu ogromne znaczenie.

Kilka typów niedzielonych komór spalania przedstawia rys. 2.8. Wszystkie one są umieszczone w górnej części tłoka, co ułatwia ich wykonanie i zapewnia im najkorzystniejsze ukształtowanie.



Rys. 2.9

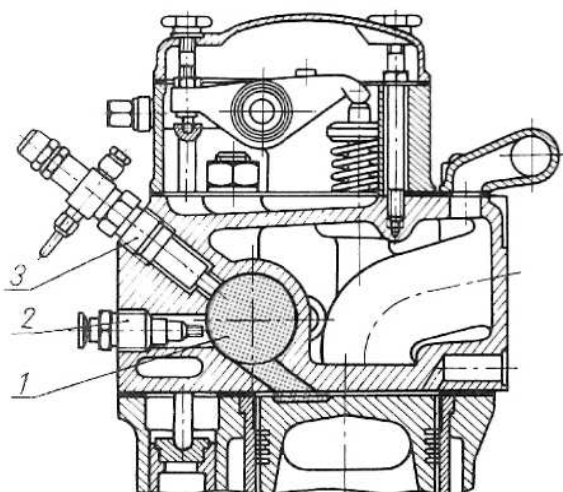
Komory wstępne: a) komora wielootworowa Daimler-Benz AG, b) komora jednootworowa CM-312 [7]
1 — komora wstępna, 2 — świeca żarowa, 3 — wtryskiwacz

Komory wstępne to komory dzielone, składające się z dwóch części: z *komory głównej*, którą stanowi przestrzeń nad tłokiem, i komory pomocniczej, zwanej *komorą wstępną* (rys. 2.9). Objętość komory wstępnej stanowi $25 \div 40\%$ całkowitej objętości komory spalania. Komora główna jest połączona z komorą wstępną jednym lub kilkoma otworami o niewielkiej średnicy. Paliwo zawsze jest wtryskiwane do komory wstępnej.

Spalanie w silniku z komorą wstępną odbywa się w dwóch fazach. W pierwszej — rozpylenie, odparowanie i zapalenie paliwa odbywa się w komorze wstępnej przy niedostatku powietrza. W drugiej fazie paląca się mieszanka wraz z nie spaloną dotychczas częścią dobrze odparowanego paliwa wpływa do komory głównej, gdzie następuje dalsze spalanie.

Rys. 2.10

Komora wirowa silnika o zapłonie samoczynnym [2]
1 — komora wirowa, 2 — świeca żarowa, 3 — wtryskiwacz

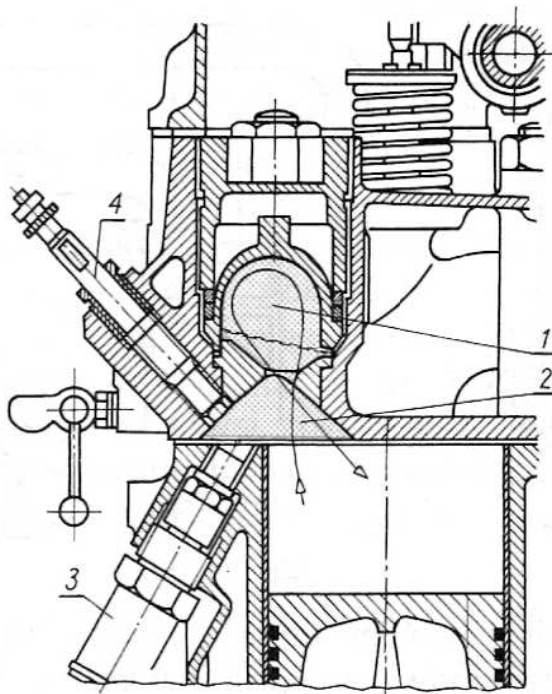


Komory wirowe zalicza się do komór dzielonych, pomimo że mieści się w nich około 80% całkowitej ilości powietrza sprężanego w komorze spalania. Komora wirowa ma kształt kuli (niekiedy spłaszczonej) i jest połączona z przestrzenią nad tłokiem za pomocą dosyć szerokiego kanału, usytuowanego stycznie do ścianki komory (rys. 2.10). Styczne umieszczenie kanału sprawia, że podczas suwu sprężania napływające do komory wirowej powietrze zostaje silnie zawirowane. Paliwo jest wtryskiwane wzdłuż promienia kuli komory wirowej, a więc wtry-

skiwany strumień paliwa przecina strugi wirującego w komorze powietrza. Powoduje to dobre rozproszenie drobin paliwa po całej komorze i przyspiesza proces jego odparowania i tworzenia się mieszanki palnej.

Zasadniczo spalanie odbywa się w komorze wirowej. Jedynie w końcowej fazie proces ten przenosi się do cylindra.

Komora z zasobnikiem powietrza. Jest to także komora dzielona obejmująca *komorę główną* (przestrzeń nad tłokiem) oraz komorę pomocniczą, zwaną *zasobnikiem powietrza*. W nowoczesnych silnikach objętość zasobnika powietrza stanowi około 25% całkowitej objętości komory spalania. Zasobnik powietrza jest połączony z komorą główną odpowiednio ukształtowanym przewężeniem (rys. 2.11).

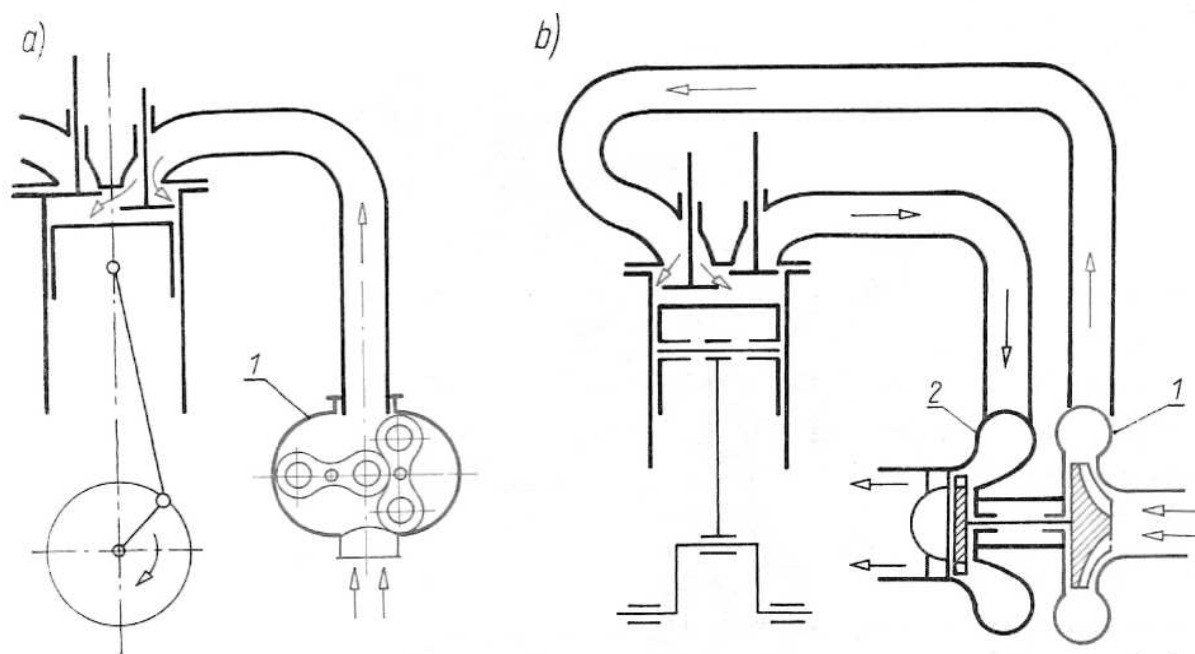


Rys. 2.11
Komora spalania z zasobnikiem powietrza [7]
1 — zasobnik powietrza,
2 — komora główna, 3 —
wtryskiwacz, 4 — świeca
żarowa

Wtryskiwacz paliwa jest umieszczony w komorze głównej, lecz skierowany w stronę przewężenia prowadzącego do zasobnika powietrza. W początkowym okresie spalania strumień wtryskiwanego paliwa jest wtłaczany do zasobnika razem ze sprężonym jeszcze w tym czasie powietrzem. W chwilę potem produkty spalania oraz nie zużyte jeszcze w zasobniku powietrze gwałtownie wypływają z zasobnika, wyrzucane zeń przez ciśnienie nagle zwiększone w wyniku spalania. Ten palący się strumień napotyka resztę wtryskiwanego paliwa; zderzenie się tych dwóch strumieni płynących naprzeciw siebie znacznie ułatwia szybkie i dokładne spalanie reszty paliwa.

2.4.4 Doładowanie silników

Doładowanie silnika spalinowego polega na zasilaniu go powietrzem lub mieszanką palną pod ciśnieniem wyższym niż atmosferyczne. Oznacza to, że w cylindrze silnika po zakończeniu suwu dolotu znajdzie się większa masa ładunku niż w przypadku zwykłego zasilania. Doładowanie zapewnia uzyskanie większej mocy silnika bez potrzeby zwiększenia jego pojemności skokowej oraz bez zwiększenia prędkości obrotowej. Doładowanie korzystnie wpływa na przebieg spalania w silnikach o zapłonie samoczynnym i jest w nich powszechnie stosowane. Stosowanie doładowania w silnikach o zapłonie iskrowym jest utrudnione, gdyż przy znacznym sprężeniu mieszanki pojawia się spalanie stukowe.



Rys. 2.12
Sposoby doładowania silnika: a) doładowanie mechaniczne, b) turbodoładowanie [7]
1 — sprężarka, 2 — turbina

Urządzeniem, które dostarcza do silnika o zapłonie samoczynnym powietrze pod ciśnieniem $150 \div 300$ kPa, jest sprężarka. W zależności od rodzaju użytej sprężarki rozróżniamy:

- *Doładowanie mechaniczne*, polegające na zastosowaniu sprężarki napędzanej od wału korbowego silnika. Zazwyczaj w takim przypadku są stosowane sprężarki Roots'a (rys. 2.12a). Przy takim sposobie doładowania część mocy silnika jest tracona na napęd sprężarki. Toteż ten sposób doładowania jest coraz rzadziej używany.

- *Turbodoładowanie*, polegające na wykorzystaniu energii gazów spalinowych w przewodzie wylotowym silnika do napędu turbosprężarki (rys. 2.12b). Zespół turbosprężarkowy składa się z dwóch części — sprężarki 1 i turbiny gazowej 2. Wirniki obu tych części są osadzone na wspólnym wale. Energia gazów spalinowych jest odbierana przez turbinę gazową i przekazywana do sprężarki doładowującej silnik.

Turbosprężarki stosowane jako zespoły doładowujące pracują z dużą prędkością obrotową, zazwyczaj rzędu kilkudziesięciu tysięcy obrotów na minutę. Stwarza to określone trudności z „nadążaniem” turbosprężarki za szybkimi niekiedy zmianami prędkości obrotowej silnika.

2.5

Silniki dwusuwowe

2.5.1

Silniki dwusuwowe o zapłonie iskrowym

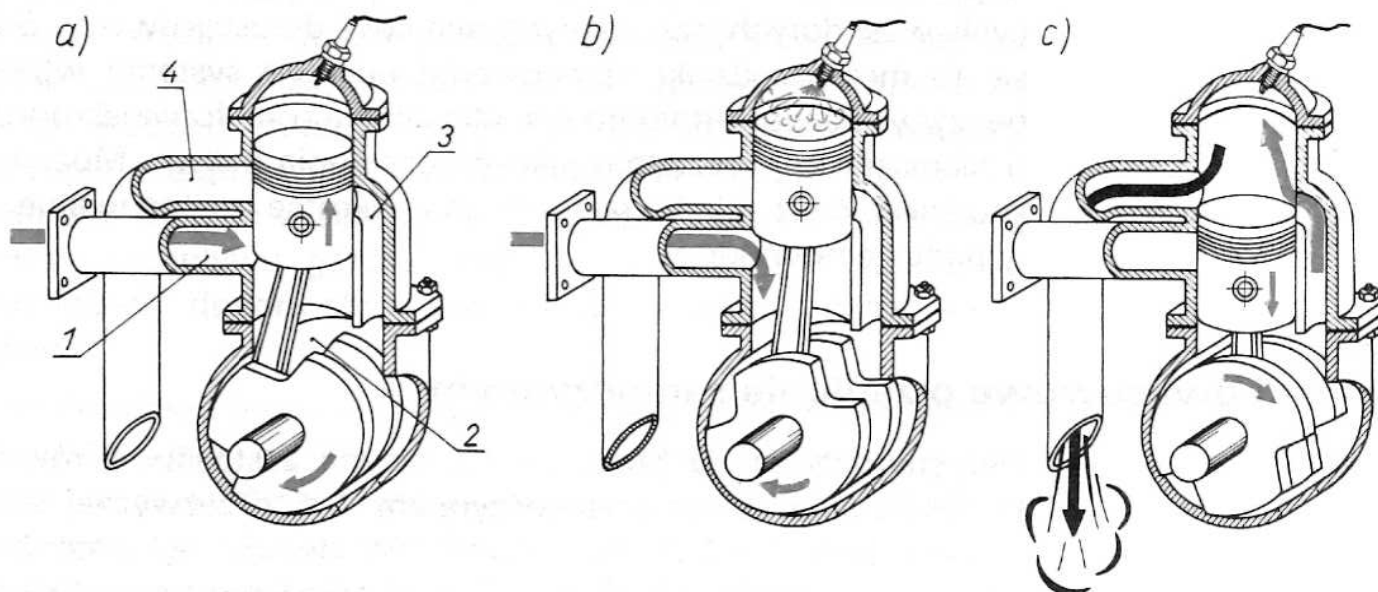
W silniku dwusuwowym napełnienie cylindra mieszanką, jej sprężenie, spalanie i usunięcie spalin z cylindra odbywa się w czasie dwóch suwów tłoka. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu zmian objętości zarówno w przestrzeni nad tłokiem, jak i pod tłokiem. Toteż w silniku dwusuwowym przestrzeń pod tłokiem (komora korbowa) musi być zamknięta i szczelna. Specjalnym kanałem jest ona połączona jedynie z przestrzenią nad tłokiem.

Zasadę działania silnika dwusuwowego przedstawia rys. 2.13. Podczas suwu sprężania na skutek ruchu tłoka w komorze korbowej 2 wytwarza się podciśnienie. Zbliżający się do *GMP* tłok swoją dolną krawędzią odsłania okno dolotowe 1 (rys. 2.13a). Przez okno to do komory korbowej zostaje wessana porcja przygotowanej w gaźniku mieszanki paliwa z powietrzem. W silniku dwusuwowym suw sprężania połączono więc z suwem dolotu.

Po zapłonie mieszanki w komorze spalania tłok sunie ku *DMP*, zasłaniając okno dolotowe (rys. 2.13b). Mieszanka znajdująca się w zamkniętej komorze korbowej jest przez tłok sprężana. Pod

Rys. 2.13

Zasada działania silnika dwusuwowego o zapłonie iskrowym: a) suw sprężania i dolotu, b) początek suwu pracy i koniec dolotu, c) suw pracy i wylotu 1 — kanał dolotowy, 2 — komora korbowa, 3 — kanał przelotowy, 4 — kanał wylotowy



koniec tego suwu górna krawędź tłoka odsłania okno wylotowe 4 i spaliny uchodzą z cylindra (rys. 2.13). Niewiele później górna krawędź wciąż sunącego ku *DMP* tłoka odsłania okno 3 kanału przelotowego łączącego komorę korbową z cylindrem i wstępnie sprężona pod tłokiem mieszanka przepływa do cylindra, wypychając z niego resztę spalin. Ten proces usuwania resztek spalin nazwano *przepłukaniem cylindra*.

Podczas suwu tłoka ku *DMP* zostały wykonane dwie czynności: praca i wylot spalin. W silnikach takich dwa suwy tłoka wystarczają do wykonania czynności składających się na pełny cykl pracy silnika.

Zaletą silników dwusuwowych jest ich nieskomplikowana konstrukcja (brak zaworowego mechanizmu rozrządu). Wadami zaś są: większe zużycie paliwa, bardziej toksyczne spaliny ze względu na konieczność dodawania oleju do paliwa (w celu olejenia mechanizmów) oraz nierównomierna praca bez obciążenia. Silniki dwusuwowe najczęściej są stosowane w małych motocyklach i motorowerach, a zadecydowała o tym ich niewielka cena. Silniki dwusuwowe były także używane do napędu nielicznych samochodów osobowych, lecz ze względu na wymienione wyżej wady w wielu krajach wydano zakaz ich rejestracji.

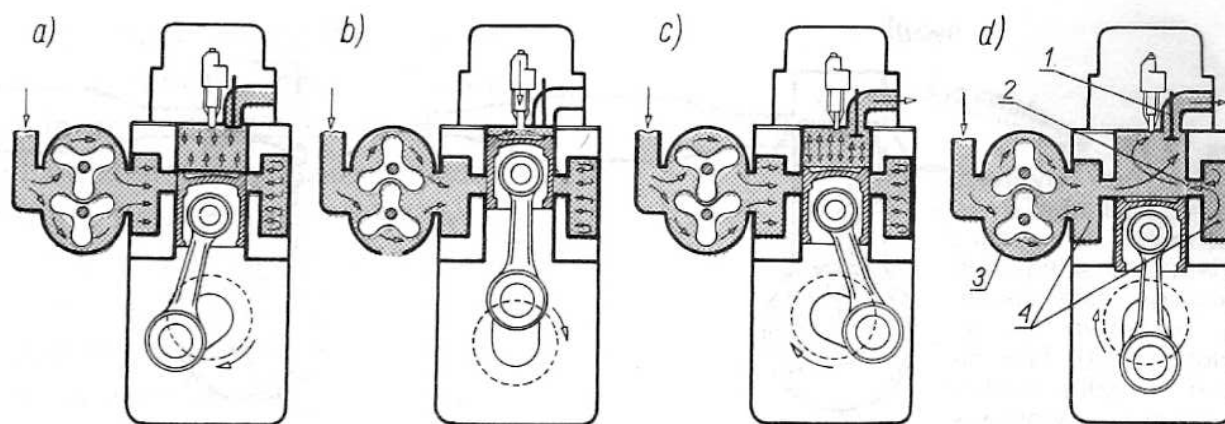
W niektórych silnikach dwusuwowych wlotem mieszanki do komory korbowej steruje nie tłok, lecz zawór obrotowy lub zawór samoczynny odsłaniający i zasłaniający okno dolotowe. Takie rozwiązanie, choć czyni konstrukcję silnika bardziej złożoną, uniezależnia sterowanie napływem mieszanki do komory korbowej od ruchu tłoka. Umożliwia to niesymetryczne względem zwrotnych położeń tłoka otwieranie i zamykanie kanału dolotowego.

Intensywne prace nad ulepszeniem silników dwusuwowych doprowadziły ostatnio do opracowania rozwiązań nie wykazujących wad dotychczas znanych silników dwusuwowych. Stało się to możliwe dzięki opracowaniu nowego systemu wtrysku benzyny (bezpośrednio do cylindra silnika o zapłonie iskrowym) o nieosiągalnej uprzednio jakości rozpylenia paliwa. Można się spodziewać, iż silniki takie znajdą wkrótce zastosowanie do napędu samochodów.

2.5.2

Silniki dwusuwowe o zapłonie samoczynnym

Dwusuwowy obieg pracy silnika można zastosować również w silnikach o zapłonie samoczynnym. Są to zazwyczaj silniki o znacznych mocach, w których nie stosuje się wstępnego sprężania w komorze korbowej. Do cylindra kieruje się powietrze



Rys. 2.14

Zasada działania dwusuwowego silnika o zapłonie samoczynnym: *a)* tłok spręża powietrze w cylindrze, *b)* następuje wtrysk paliwa i rozpoczyna się suw pracy, *c)* otwarcie zaworu wylotowego umożliwia wylot spalin, *d)* przez odsłonięte okno dolotowe do cylindra wpływa porcja świeżego powietrza, wypychając resztę spalin [14]

1 — zawór wylotowy, 2 — okno dolotowe, 3 — pompa ładująca, 4 — komora powietrza

wstępnie sprężone przez oddzielną pompę ładującą. Okna dolotowe są odsłaniane przez górną krawędź tłoka, jak w omówionych wyżej silnikach o zapłonie iskrowym. Natomiast wylot spalin jest zazwyczaj sterowany za pomocą zaworowego mechanizmu rozrządu z zaworami wylotowymi umieszczonymi w głowicy.

Zapłon w takich silnikach odbywa się tak samo jak w czterosuwowych silnikach o zapłonie samoczynnym, to jest przez wtrysnięcie dawki paliwa do powietrza silnie sprężonego (a więc silnie rozgrzanego) w komorze spalania.

Zasadę działania dwusuwowego silnika o zapłonie samoczynnym przedstawia rys. 2.14.

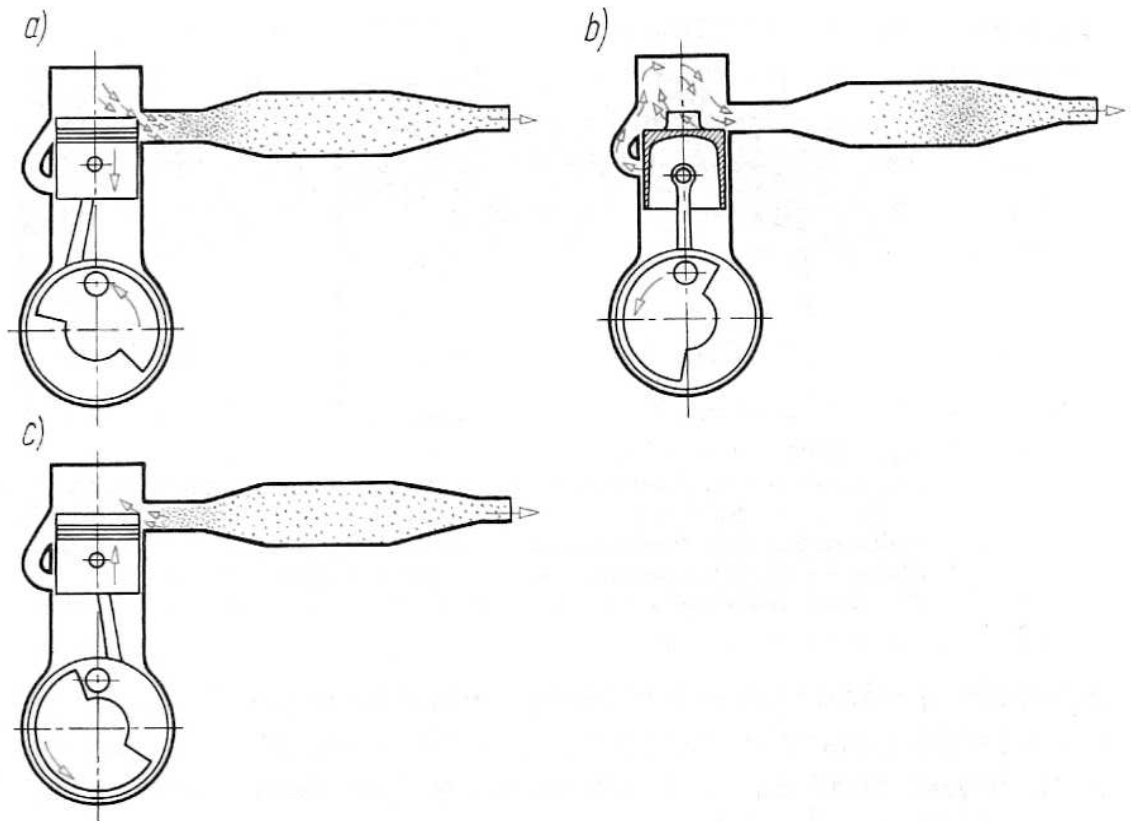
2.5.3 Zagadnienia dotyczące ruchu gazów

W silnikach dwusuwowych cylinder jest jednocześnie oczyszczany ze spalin i napełniany świeżym ładunkiem. W bardzo krótkim czasie musi tu nastąpić wymiana zawartości cylindra, to znaczy: ● dopływ strug świeżego ładunku do komory korbowej, ● przepływ tego ładunku do cylindra oraz ● usunięcie spalin z cylindra. Dlatego w silnikach takich szczególną rolę odgrywają warunki przepływu gazów, które w dużej mierze zależą od dokładności i doboru chwil otwierania i zamykania okien w cylindrze.

Okno dolotowe powinno zostać zasłonięte przez tłok w chwili, gdy wpływająca do komory korbowej struga powoduje wytworzenie w komorze niewielkiego nadciśnienia. Zbyt późne zamknięcie okna spowodowałoby chwilowy ruch strugi ładunku w przeciwnym kierunku, tzn. na zewnątrz komory korbowej.

Rys. 2.15

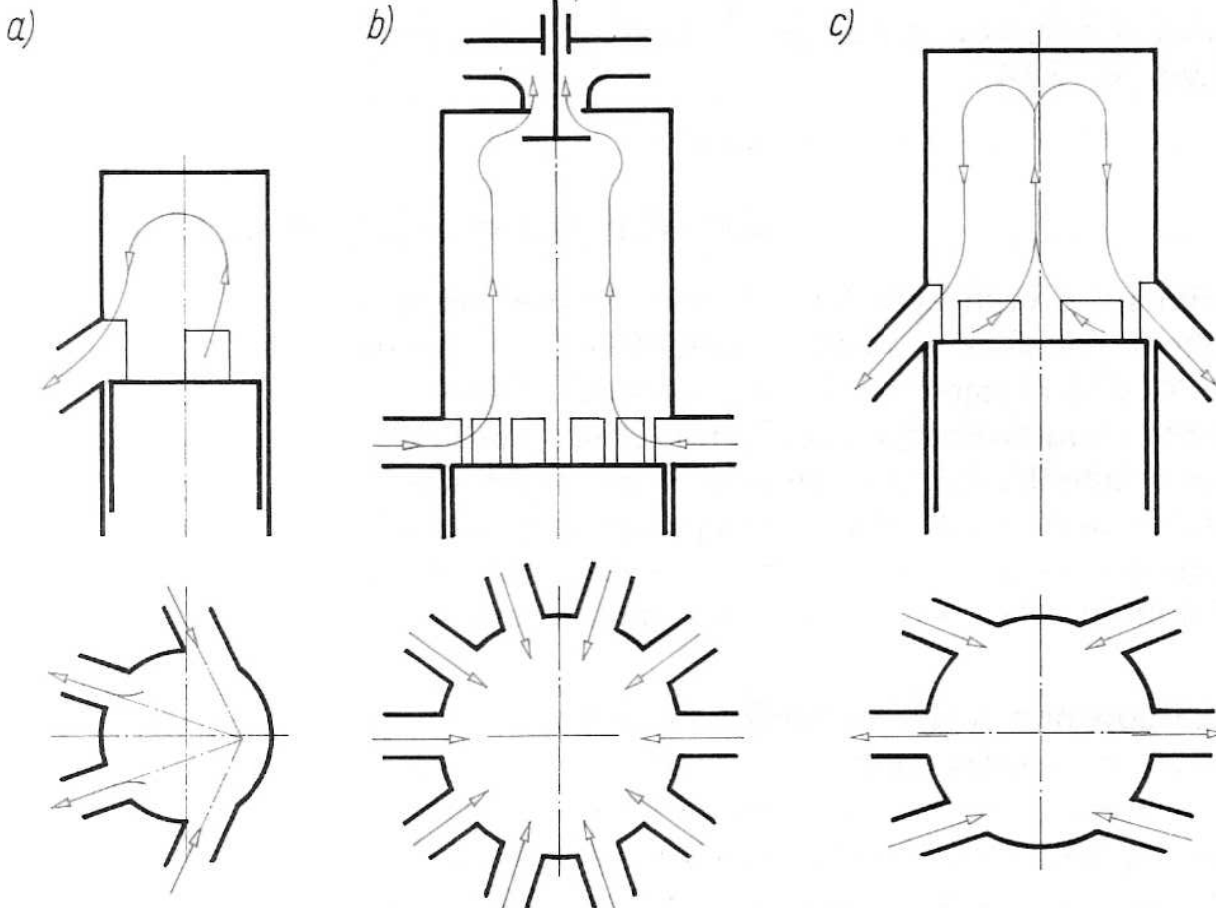
Kolejne fazy wypływu spalin w silniku dwusuwowym: *a)* spaliny wylatują do układu wylotowego, fala ciśnienia przesuwana się ku wylotowi, *b)* fala ciśnienia spalin oddala się od okna wylotowego, za nią ulatuje z cylindra świeża mieszanka, *c)* fala ciśnienia odbita od stożkowego zakończenia układu wylotowego wraca ku cylindrowi, wtłaczając do niego z powrotem znajdującą się w przewodzie wylotowym mieszankę; w tej chwili tłok powinien zasłonić okno wylotowe [14]



Rys. 2.16

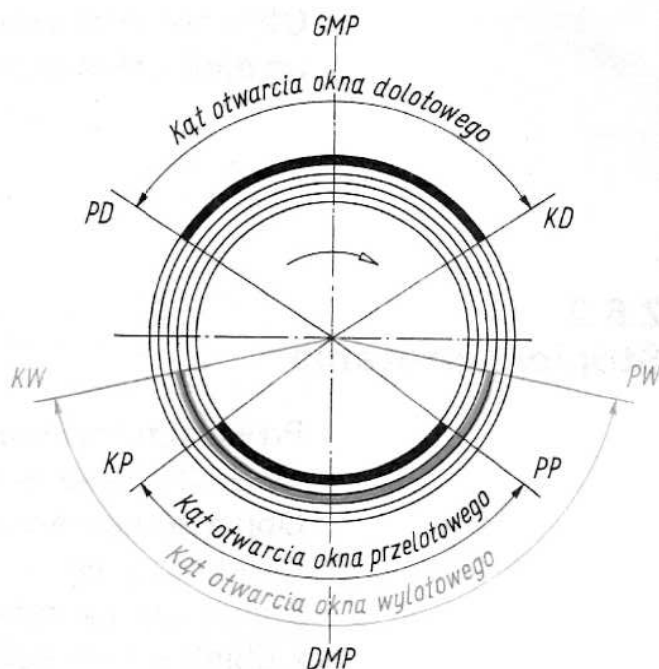
Systemy przepłukiwania silników dwusuwowych: *a)* zwrotne, *b)* wzdłużne, *c)* krzyżowe [7]

Podobnie jest ze strugami spalin, a także ze strugami ładunku przepływającego z komory korbowej do cylindra. Tutaj jednak dodatkową trudność sprawia takie uzgodnienie przepływu strug spalin i świeżego ładunku, żeby ładunek ten nie uciekał przez zbyt długo otwarte okno wylotowe (rys. 2.15).



W silniku dwusuwowym bardzo ważne jest właściwe przepłukiwanie cylindra, czyli możliwie dokładne opróżnianie go ze spalin, które zostają zastąpione świeżym ładunkiem. Zapewnia to właściwie zaprojektowany system przepłukiwania cylindra, ukierunkowujący ruch strug świeżego ładunku w cylindrze. Przykłady różnych systemów przepłukiwania przedstawia rys. 2.16. Należy zwrócić uwagę, że pożądany ruch gazów w cylindrze jest uzyskiwany głównie dzięki odpowiedniemu doborowi kształtu i wymiarów okien dolotowych oraz kierunku kanałów doprowadzających ładunek.

Chwile otwierania i zamykania okien są określone kątem obrotu wału korbowego. Przykładowy wykres faz rozrządu silnika dwusuwowego przedstawia rys. 2.17.



Rys. 2.17

Wykres faz rozrządu silnika dwusuwowego [14]
 PD i KD — otwarcie i zamknięcie okna dolotowego (początek i koniec dolotu), PW i KW — otwarcie i zamknięcie okna wylotowego (początek i koniec wylotu), PP i KP — otwarcie i zamknięcie okna przełotowego (początek i koniec płukania)

2.6

Wielkości charakteryzujące silniki spalinowe

2.6.1

Charakterystyczne wymiary silnika

Zasadniczymi wymiarami charakteryzującymi silnik (rys. 2.18) są: ● średnica D cylindra i ● skok S tłoka, czyli droga, jaką tłok przebywa w czasie jednego suwu. A więc

$$S = 2r$$

gdzie: r — promień korby wału korbowego

Każdemu skokowi tłoka w silniku czterosuwowym towarzyszy obrócenie wału korbowego o połowę obrotu, czyli o 180° .

Średnica cylindra i skok tłoka określają *objętość* (pojemność) *skokową cylindra*. Objętość ta jest równa iloczynowi skoku tłoka i powierzchni przekroju poprzecznego cylindra, czyli

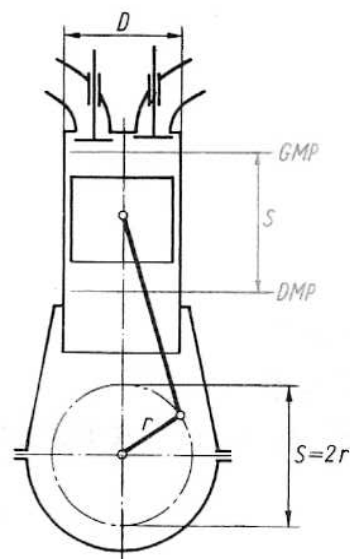
$$V_s = S \cdot A_c = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ dm}^3$$

gdzie: V_s — objętość skokowa cylindra,

A_c — powierzchnia poprzecznego przekroju cylindra w dm^2 ,

D — średnica cylindra w dm,

S — skok tłoka w dm.



Rys. 2.18

Charakterystyczne wymiary silnika [7]

Objętość skokowa silnika wielocylindrowego V_{SS} stanowi sumę objętości skokowych wszystkich cylindrów.

$$V_{SS} = i \cdot V_S$$

gdzie: i — liczba cylindrów silnika

2.6.2

Stopień sprężania

Przestrzeń cylindra zamkniętą nad tłokiem znajdującym się w *GMP* nazywamy *komorą spalania* lub komorą sprężania. Objętość komory spalania oznaczamy symbolem V_k . Przestrzeń znajdującą się nad tłokiem w jego *DMP* nazywamy *całkowitą objętością cylindra* V_C . Całkowita objętość cylindra składa się z objętości skokowej i objętości komory spalania.

$$V_C = V_S + V_k$$

W czasie ruchu tłoka w cylindrze objętość pozostająca nad tłokiem zmienia się w sposób ciągły od najmniejszej V_k do największej V_C (w suwach dolotu i pracy) lub odwrotnie (w suwach sprężania i wylotu).

Wielkość sprężenia czynnika w cylindrze określamy *stopniem sprężania*, oznaczanym grecką literą ε (epsilon). Jest to stosunek całkowitej objętości cylindra do objętości komory spalania.

$$\varepsilon = \frac{V_C}{V_k} = \frac{V_S + V_k}{V_k} = \frac{V_S}{V_k} + 1$$

Stopień sprężania określa, ile razy zmniejszyła się objętość robocza silnika (objętość nad tłokiem) w czasie sprężania czynnika. Określa on więc, jak silnie jest wstępnie sprężana mieszanka, którą napełniono cylinder podczas suwu dolotu.

We współczesnych silnikach o zapłonie iskrowym stosuje się stopień sprężania $\varepsilon = 7 \div 10$.

W silnikach o zapłonie samoczynnym stosuje się stopień sprężania $\varepsilon = 13 \div 22$. Większe stopnie sprężania odpowiadają silnikom o większej prędkości obrotowej.

2.6.3

Prędkość obrotowa, moment obrotowy, moc

Prędkość obrotowa n silnika określa częstotliwość obrotów wału korbowego, czyli liczbę obrotów w jednostce czasu. Zgodnie z obowiązującym układem jednostek miar SI prędkość obrotową, jako częstotliwość obrotów silnika, należy wyrażać w s^{-1} lub

zastąpić ją prędkością kątową ω wyrażaną w rad/s. W praktyce dozwolone i najczęściej stosowane jest wyrażanie prędkości obrotowej silnika w obr/min. Należy pamiętać, że $\omega = 2\pi \cdot n$, gdy n jest wyrażone w s^{-1} , lub $\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$, gdy n jest wyrażone w obr/min.

Parametrem silnika, który (po przeniesieniu go na koła pojazdu samochodowego) określa wartość siły napędzającej pojazd, jest *moment obrotowy* M_o . Jest to moment przekazywany z wału korbowego silnika do układu napędowego pojazdu. Moment ten można zmierzyć na stanowisku badawczym wyposażonym w specjalny hamulec (tzw. stanowisko hamowniane). Jednostką momentu jest kiloniuton razy metr ($kN \cdot m$).

Moc P silnika charakteryzuje możliwość wykonania przez silnik określonej pracy w pewnym czasie. Zazwyczaj mocy nie mierzy się bezpośrednio, lecz oblicza wg wzoru

$$P = \omega \cdot M_o = 2\pi \cdot n \cdot M_o \text{ kW}$$

gdzie: M_o — moment obrotowy w $kN \cdot m$,
 n — prędkość obrotowa w s^{-1}

Podanie mocy silnika nie charakteryzuje stopnia wysilenia, ponieważ nie określa, z jakiej pojemności skokowej moc ta jest uzyskiwana. Do tego celu potrzebna jest znajomość *objętościowego wskaźnika mocy* P_v . Otrzymuje się go przez podzielenie mocy silnika przez jego objętość skokową

$$P_v = \frac{P}{V_{ss}} \text{ kW/dm}^3$$

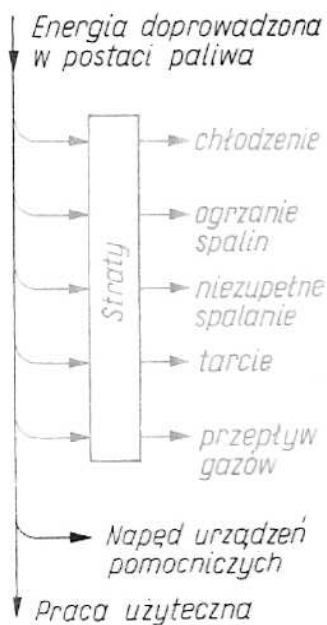
gdzie: P — moc silnika w kW,
 V_{ss} — objętość skokowa silnika w dm^3

Objętościowe wskaźniki mocy współczesnych silników pojazdów samochodowych zawierają się w następujących granicach:

- silniki o zapłonie iskrowym $P_v = 22 \div 40 \text{ kW/dm}^3$,
- silniki o zapłonie samoczynnym $P_v = 8 \div 28 \text{ kW/dm}^3$.

2.6.4 Sprawność

Jak wyjaśniono poprzednio, silnik spalinowy przetwarza energię chemiczną zawartą w paliwie na pracę mechaniczną, odbieraną z wału korbowego. Nie jest jednak możliwe wykorzystanie całej energii dostarczonej w paliwie do silnika. W czasie zachodzących w silniku przemian część tej energii zostaje roztrwoniona. Tylko



Rys. 2.19
Bilans energetyczny silnika

25 ÷ 40% energii dostarczonej do silnika zostaje zamienione na pracę użyteczną. Pozostała część (60 ÷ 75%) zostaje stracona. Do zasadniczych składników strat energii zalicza się (rys. 2.19):

- energię odbieraną w postaci ciepła przez układ chłodzenia silnika;
- energię uchodzącą w postaci ciepła zgromadzonego w gazach spalinowych;
- energię nie wyzwoloną z paliwa wskutek jego niezupełnego spalania;
- energię traconą w postaci ciepła oddawanego do otoczenia przez rozgrzane części silnika;
- energię zużywaną na pokonanie oporów tarcia wewnątrz silnika;
- energię zużywaną na wywołanie przepływu powietrza, paliwa i spalin w silniku (napełnianie i oczyszczanie cylindra);
- energię zużywaną do napędu urządzeń pomocniczych (np. pompy wtryskowej).

Miarą wykorzystania energii zawartej w doprowadzonym do silnika paliwie jest *sprawność ogólna* (efektywna) η_e silnika. Nazywamy tak stosunek energii uzyskanej w postaci pracy mechanicznej odebranej z wału korbowego do energii chemicznej zawartej w paliwie

$$\eta_e = \frac{\text{energia oddana w postaci pracy mechanicznej}}{\text{energia dostarczona do silnika w paliwie}}$$

Sprawność jest zawsze mniejsza od jedności ($\eta_e < 1$), a pomnożona przez 100 wskazuje, ile procent energii dostarczonej do silnika zostało w nim zamienione na pracę mechaniczną

$$\eta_e \cdot 100 = \eta_e \%$$

2.6.5 Zużycie paliwa

Do bardzo istotnych parametrów silnika spalinowego zaliczamy:

- zużycie paliwa w jednostce czasu;
- zużycie paliwa w jednostce czasu przypadające na jednostkę mocy silnika.

Sekundowe zużycie paliwa G_e określa ilość paliwa zużywaną przez silnik w ciągu sekundy. Wartość zużycia paliwa wyznacza się podczas badania silnika na hamowni, mierząc masę lub objętość paliwa zużytego przez silnik w określonym czasie.

W przypadku mierzenia masy zużytego paliwa

$$G_e = \frac{m_p}{t} \text{ kg/s}$$

gdzie: m_p — masa paliwa (w kg) zużytego w czasie t (s) pomiaru.

W przypadku mierzenia objętości zużytego paliwa

$$G_e = \frac{V_p \cdot \rho_p}{t} \text{ kg/s}$$

gdzie: V_p — objętość paliwa (w m^3) zużytego w czasie t (s) pomiaru.
 ρ_p — gęstość paliwa w kg/m^3

Sekundowe zużycie paliwa jest jedynie miarą ilości zużywanego paliwa, a więc nie określa stopnia jego wykorzystania. Miarą wykorzystania paliwa doprowadzonego do silnika jest dopiero *jednostkowe zużycie paliwa* g_e . Określa ono masę paliwa zużywaną przez silnik w jednostce czasu na wytworzenie jednostki mocy

$$g_e = \frac{G_e}{P} \frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{s}}$$

Porównanie wartości g_e dwóch silników natychmiast wskazuje, który z tych silników potrzebuje mniej paliwa na wytworzenie jednostki mocy, a więc który z silników ma większą sprawność. Mniejsze wartości g_e charakteryzują silnik o większej sprawności.

Wartości jednostkowego zużycia paliwa współczesnych silników pojazdów samochodowych zawierają się w następujących granicach:

- silniki o zapłonie iskrowym

$$g_e = 83 \cdot 10^{-6} \div 100 \cdot 10^{-6} \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{s})$$

- silniki o zapłonie samoczynnym

$$g_e = 60 \cdot 10^{-6} \div 76 \cdot 10^{-6} \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{s})$$

2.6.6

Charakterystyka eksploatacyjna silnika

Silnik pojazdu samochodowego musi pracować w znacznym zakresie prędkości obrotowej, od najmniejszej (na biegu jałowym silnika) do największej.

Parametry charakteryzujące pracę silnika, a między innymi moment obrotowy, moc, sekundowe i jednostkowe zużycie paliwa, także nie pozostają stałe, lecz zmieniają się wraz ze zmianą prędkości obrotowej silnika.

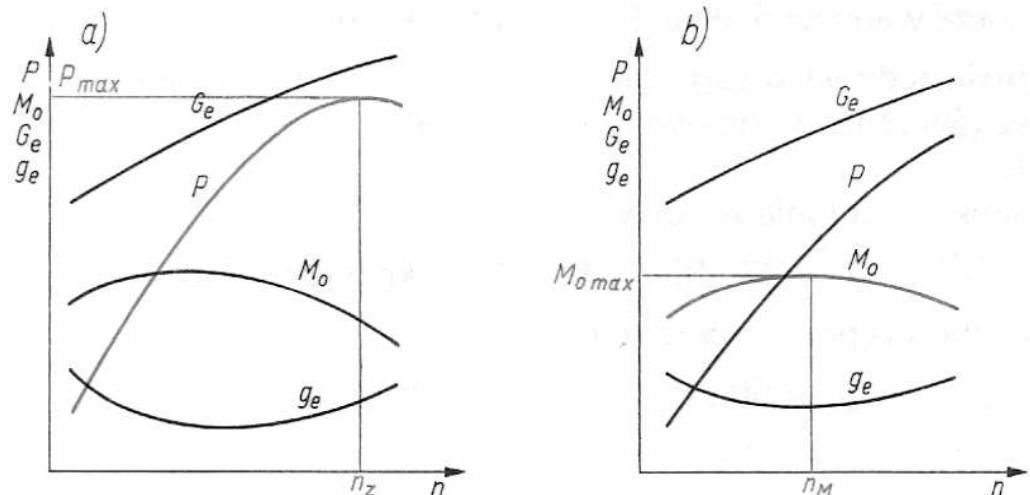
Badania silników na stanowiskach hamownianych zapewniają możliwość doświadczalnego poznania właściwości roboczych silnika oraz określenia wzajemnych zależności między parametrami silnika. Wykresy doświadczalnie wyznaczonych zależności nazywamy *charakterystykami silnika*.

Wśród różnorodnych charakterystyk sporządzanych dla silników spalinowych najczęściej spotykana jest *charakterystyka eksplo-*

atacyjna. Przedstawia ona zależność mocy, momentu obrotowego, jednostkowego zużycia paliwa, a niekiedy także sekundowego zużycia paliwa od prędkości obrotowej silnika. Zależności te są wyznaczane przy całkowitym otwarciu urządzeń zasilających, a mianowicie:

- w silnikach o zapłonie iskrowym — przy całkowitym otwarciu przepustnicy gaźnika;
- w silnikach o zapłonie samoczynnym — przy położeniu listwy pompy wtryskowej odpowiadającym największej dawce paliwa.

Charakterystykę eksploatacyjną silnika o zapłonie iskrowym przedstawia rys. 2.20a. Takim silnikom odpowiada charakterystyczny kształt krzywej mocy P . Moc wzrasta ze wzrostem prędkości obrotowej, po czym osiąga największą wartość. Dalszy wzrost prędkości obrotowej silnika powoduje spadek mocy.



Rys. 2.20
Charakterystyki eksploatacyjne: a) silnika o zapłonie iskrowym, b) silnika o zapłonie samoczynnym [7]

Prędkość obrotową silnika odpowiadającą jego największej mocy P_{max} nazwano *znamionową prędkością obrotową* n_z . Wśród danych liczbowych charakteryzujących silnik obok jego mocy podaje się zwykle znamionową prędkość obrotową.

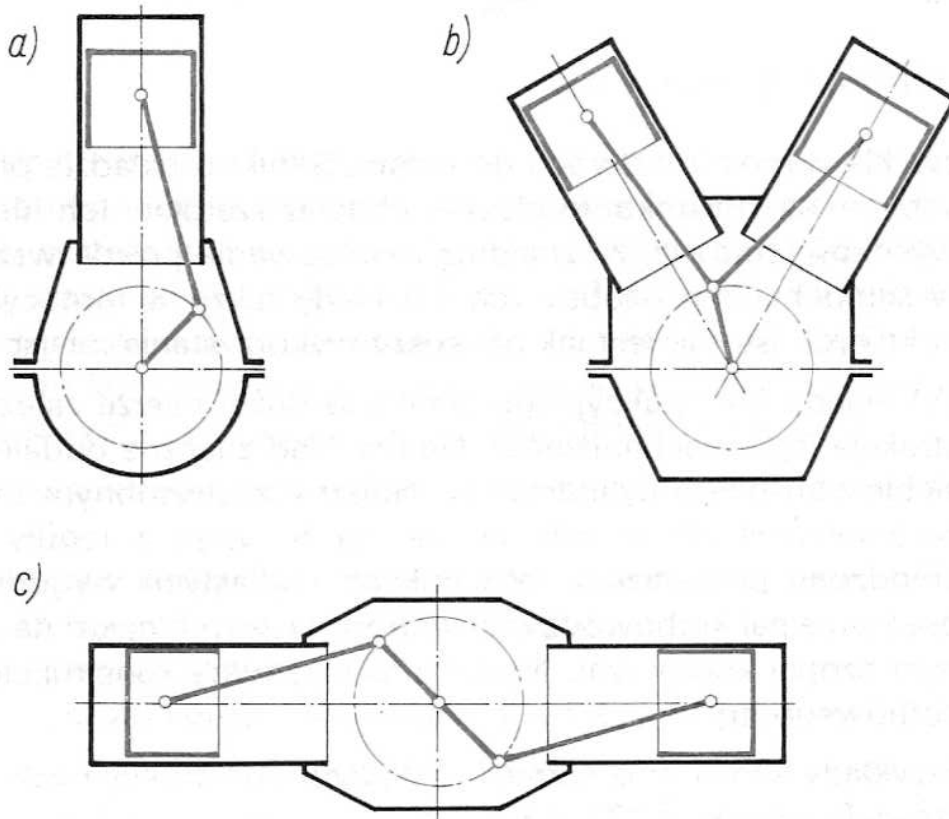
Charakterystykę eksploatacyjną silnika o zapłonie samoczynnym przedstawia rys. 2.20b. W tym przypadku krzywa mocy P nie osiąga maksimum w zakresie prędkości obrotowej silnika, jak to było w przypadku charakterystyki silnika o zapłonie iskrowym. Krzywe momentu obrotowego M_o oraz jednostkowego zużycia paliwa g_e są w przypadku silnika o zapłonie samoczynnym bardziej płaskie niż krzywe charakteryzujące silnik o zapłonie iskrowym.

Wśród danych liczbowych charakteryzujących silnik zwykle podaje się prędkość obrotową silnika n_M , odpowiadającą największej wartości momentu obrotowego $M_{o\ max}$.

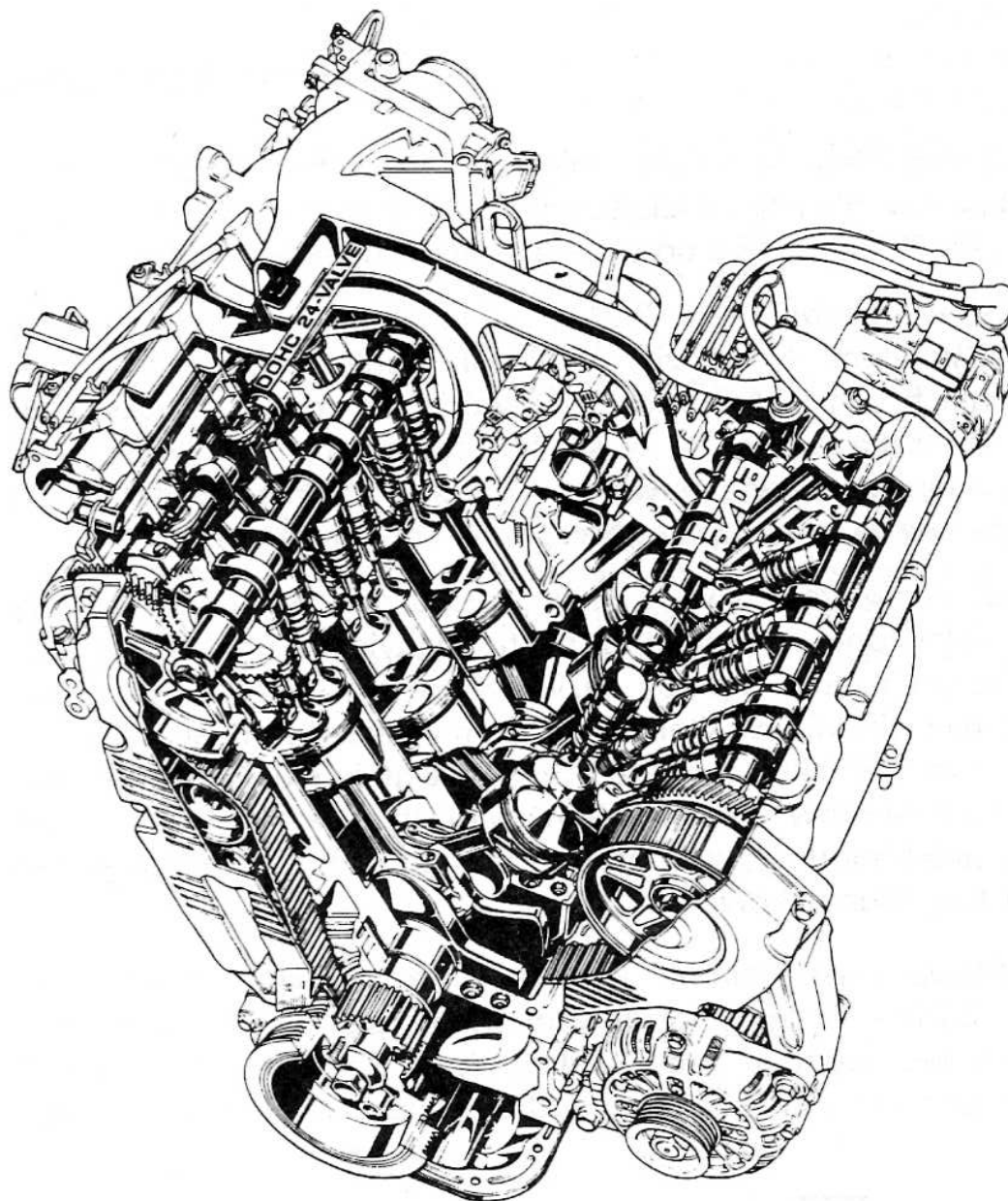
Układy konstrukcyjne silników

Tłokowe silniki spalinowe mają różne układy cylindrów. Układ cylindrów określa ukształtowanie wielu innych mechanizmów silnika. W zależności od układu konstrukcyjnego rozróżniamy:

- *Silniki rzędowe* (rys. 2.21a). Są to silniki, w których cylindry są ustawione w rzędzie, jeden za drugim. Liczba cylindrów w takich silnikach wynosi od dwóch do sześciu. Większa niż sześć liczba cylindrów w silniku rzędownym, aczkolwiek także dawniej stosowana, stwarza istotne problemy konstrukcyjne związane ze znaczną długością wału korbowego.
- *Silniki widlaste* (rys. 2.21b). Są to silniki, w których cylindry są ustawione w dwóch rzędach odchylonych od siebie pod pewnym kątem. Kąt ten zazwyczaj wynosi od 60° do 120° . Liczba cylindrów w silnikach o takim układzie wynosi od dwóch do ośmiu. W silnikach dużej mocy niekiedy stosuje się większą liczbę cylindrów. Zaletą silników widlastych jest ich stosunkowo niewielka długość, lecz są one szersze, a ich konstrukcja jest bardziej skomplikowana.
- *Silniki przeciwsołbne* (zwane silnikami typu „bokser” — rys. 2.21c). Cylindry takich silników są ułożone w dwóch rzędach, lecz rzędy te leżą w jednej płaszczyźnie, po przeciwnych stronach wału korbowego. Liczba cylindrów w takich silnikach



Rys. 2.21
Układy konstrukcyjne silników: a) rzędowy, b) widlasty, c) przeciwsołbny [7]

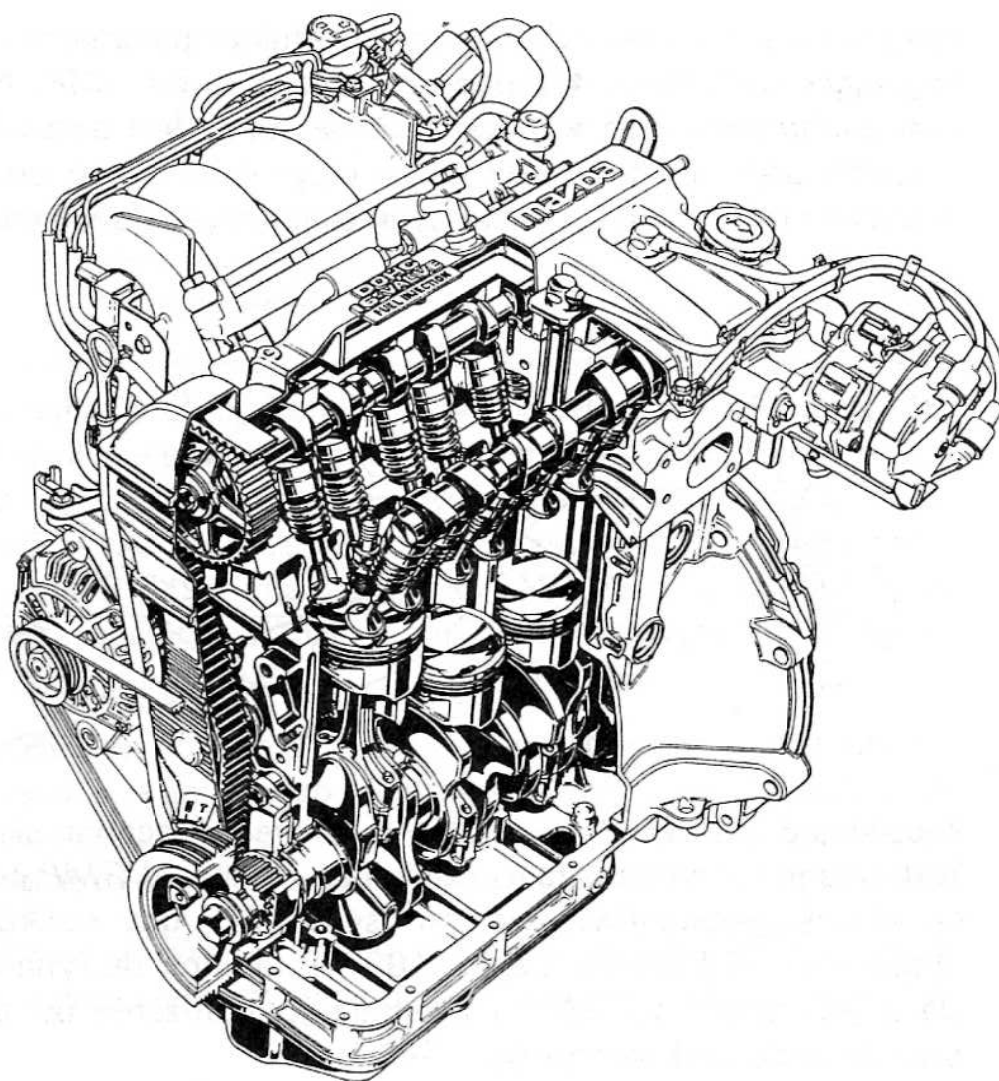


Rys. 2.22
Nowoczesny silnik wi-
dlasty o zapłonie iskro-
wym (Mazda) [18]

zwykle wynosi od dwóch do ośmiu. Silniki o układzie przeciwsobnym są stosunkowo płaskie, chociaż szerokie. Ich niewielka wysokość sprawia, że znajdują zastosowanie przede wszystkim w samochodach osobowych (niekiedy także w motocyklach), w których istotne jest jak najlepsze wykorzystanie miejsca.

Od układu konstrukcyjnego silnika w dużej mierze zależy konstrukcja jego mechanizmów. Na przykład znaczne oddalenie od siebie obu gałęzi cylindrów w silniku przeciwsobnym utrudnia zastosowanie chłodzenia cieczą; są to więc z reguły silniki chłodzone powietrzem. W silnikach widlastych wygodne jest osadzenie par korbowodów cylindrów z różnych gałęzi na wspólnym czopie korbowym. Narzuca to stosowną konstrukcję wału korbowego itd.

Przykłady silników o różnych układach konstrukcyjnych przedstawiają rysunki 2.22 i 2.23.



Rys. 2.23
Nowoczesny silnik o zapłonie iskrowym, rzędowy, o czterech zaworach przypadających na jeden cylinder (Mazda 626) [18]

2.8 Mechanizm korbowy

2.8.1 Kinematyka mechanizmu korbowego

Zadaniem mechanizmu korbowego silnika jest zamiana postępowo-zwrotnego ruchu tłoka na ruch obrotowy wału korbowego. Tłok jest sprzężony z wałem korbowym za pomocą korbowodu, który w czasie pracy silnika wykonuje ruch złożony. Ruch tłoka nadaje korbowodowi ruch postępowy, natomiast obracanie się korby wału korbowego wprawia korbowód w ruch wahadłowy wokół sworznia tłokowego, łączącego korbowód z tłokiem.

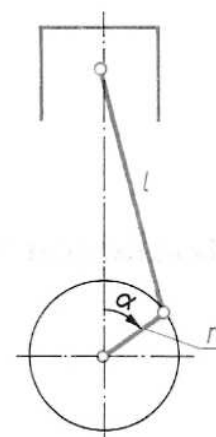
Charakterystycznymi wymiarami mechanizmu korbowego są (rys. 2.24):

r — promień korby, stanowiący odległość między osią wału korbowego i osią czopa korbowego;

l — długość korbowodu;

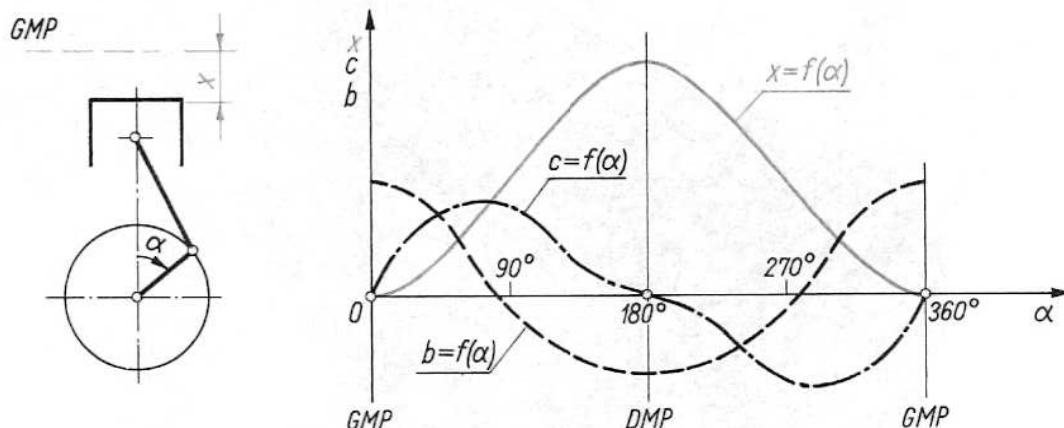
α — kąt obrotu korby wału mierzony od jej położenia w *GMP*.

Znając promień korby r , długość korbowodu l oraz prędkość obrotową wału korbowego n (czyli potocznie — prędkość obro-



Rys. 2.24
Charakterystyczne wymiary mechanizmu korbowego

ową silnika) można obliczyć trzy zasadnicze parametry charakteryzujące ruch tłoka: ● *drogę tłoka* przebytą od *GMP*, ● *prędkość ruchu tłoka* oraz ● *przyspieszenie tłoka*. Jest oczywiste, że zarówno prędkość tłoka, jak i jego przyspieszenie zmieniają się w czasie ruchu tłoka. Charakter tych zmian przedstawia rys. 2.25.



Rys. 2.25
Zależność drogi tłoka oraz jego prędkości c i przyspieszenia b od kąta obrotu wału korbowego

Zaczynając od *GMP* ($\alpha = 0^\circ$), w miarę obracania się wału korbowego (przyrost kąta α) odległość x tłoka od *GMP* powiększa się, osiągając największą wartość w *DMP*, gdy wał korbowy obróci się o pół obrotu, czyli o 180° . Teraz tłok zaczyna zbliżać się z powrotem do *GMP* i osiągnie to położenie po pełnym obrocie wału korbowego ($\alpha = 360^\circ$).

Wykres prędkości tłoka w zależności od kąta obrotu wału korbowego α przedstawia krzywa $c = f(\alpha)$. Jak widać z wykresu, prędkość c tłoka jest równa zero w zwrotnych położeniach (przy *GMP* i *DMP*), gdzie tłok musi zmieniać kierunek ruchu, musi więc także się zatrzymać.

W podobny sposób można sporządzić wykres przyspieszenia tłoka, przedstawiony krzywą $b = f(\alpha)$. Z wykresu wynika, że największe przyspieszenie tłok osiąga w *GMP* i *DMP*, czyli w położeniu zmiany kierunku ruchu. Stałą prędkość ($b = 0$) tłok uzyskuje także w dwóch położeniach, a odpowiadają im kąty $\alpha = 90^\circ$ i $\alpha = 270^\circ$.

2.8.2

Siły działające na mechanizm korbowy

Największe siły działające na mechanizm korbowy to: ● *siły gazowe* i ● *siły masowe*.

Siły gazowe są wynikiem działania na denko tłoka ciśnienia gazów zawartych w cylindrze. Siły te zmieniają swoją wartość zgodnie ze zmianami ciśnienia w cylindrze, które występują podczas wszystkich suwów cyklu pracy silnika.

Siłę ciśnienia gazów można obliczyć wg wzoru

$$F_g = A_c \cdot p_g = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_g \quad \text{kN}$$

gdzie: A_c — pole poprzecznego przekroju cylindra w m^2 ;

D — średnica cylindra w m;

p_g — nadciśnienie gazów w cylindrze w kPa.

Do wykonania wstępnych obliczeń wytrzymałościowych silnika najistotniejsza jest znajomość największej siły ciśnienia gazów $F_{g \max}$, wynikającej z największego ciśnienia gazów w komorze spalania $p_{g \max}$. Ciśnienie to występuje wkrótce po spalaniu mieszanki w komorze spalania, w chwili gdy tłok nie zdążył jeszcze odsunąć się znacząco od GMP. Największe ciśnienie w komorze spalania silnika o zapłonie iskrowym orientacyjnie wynosi $3000 \div 5000$ kPa.

Siły masowe powstają na skutek bezwładności mas układu korbowego wykonującego ruch postępowo-zwrotny (*siły bezwładności*) oraz pod wpływem wykonywania przez wał korbowy ruchu obrotowego (*siły odśrodkowe*).

● *Siła bezwładności* F_b zależy od sumy mas poruszających się ruchem przyspieszonym oraz od ich chwilowego przyspieszenia b .

$$F_b = m_b \cdot b$$

W tym wzorze na masę m_b , znajdującą się w ruchu postępowo-zwrotnym, składają się masa tłoka oraz część ($25 \div 30\%$) masy korbowodu, którą w uproszczeniu traktuje się jako związaną z tłokiem.

● *Siła odśrodkowa* F_o zależy od sumy mas wirujących m_o oraz od wartości przyspieszenia dośrodkowego ($\varepsilon_d = \omega^2 \cdot r = 4 \pi^2 \cdot n^2 \cdot r$).

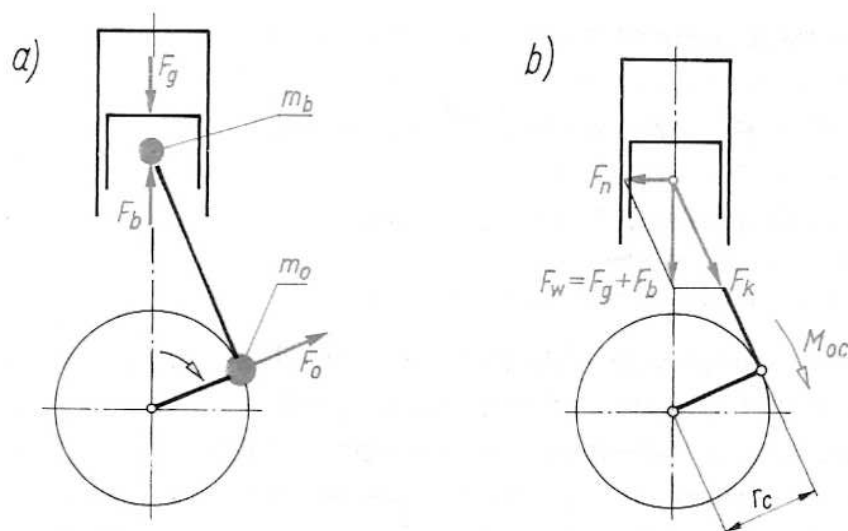
$$F_o = m_o \cdot \varepsilon_d \quad \text{kN}$$

Masę wirującą m_o stanowi tu suma mas wszystkich niewyrównoważonych elementów wykorbienia wału oraz części ($70 \div 75\%$) masy korbowodu, którą w uproszczeniu traktuje się jako związaną z czopem korbowym.

Siła odśrodkowa jest stała przy niezmienniej prędkości obrotowej wału korbowego i skierowana zawsze promieniowo na zewnątrz korby, w jej płaszczyźnie. Siła ta wiruje wraz z korbą (rys. 2.26a).

Siły wypadkowe. O wartości mechanicznego obciążenia tłoka, korbowodu oraz gładzi cylindrowej decyduje wypadkowa sił działających wzdłuż osi cylindra, czyli sił gazowych i sił bezwładności. Siła wypadkowa F_w jest sumą tych sił.

Rys. 2.26
Siły działające na me-
chanizm korbowy



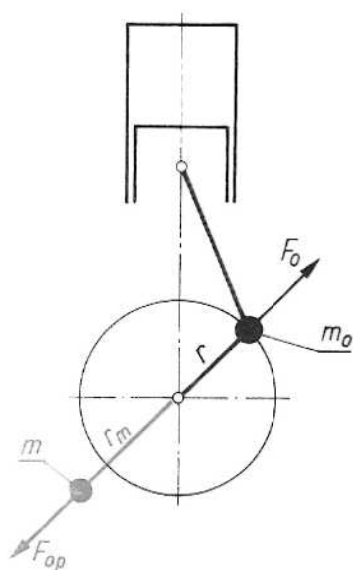
Siłę wypadkową można rozłożyć na dwie siły (rys. 2.26b): siłę F_k skierowaną wzdłuż korbowodu oraz siłę F_n prostopadłą do osi cylindra. Zmienna siła F_k działająca na ramieniu o chwilowej długości r_c daje moment obrotowy o chwilowej wartości

$$M_{oc} = F_k \cdot r_c \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

Moment ten zmienia się podczas obrotu wału korbowego, a jego średnia wartość stanowi moment obrotowy M_o silnika.

Siła F_n dociska tłok do gładzi cylindra. Od niej zależy więc siła tarcia między tłokiem i cylindrem oraz trwałość zestawu tłok–cylinder. Wartość siły F_n zmienia się także w czasie obrotu wału. Jej największa chwilowa wartość zawiera się zazwyczaj w granicach $(8 \div 13\%) F_{g \max}$.

2.8.3 Wyrównowazanie silnika



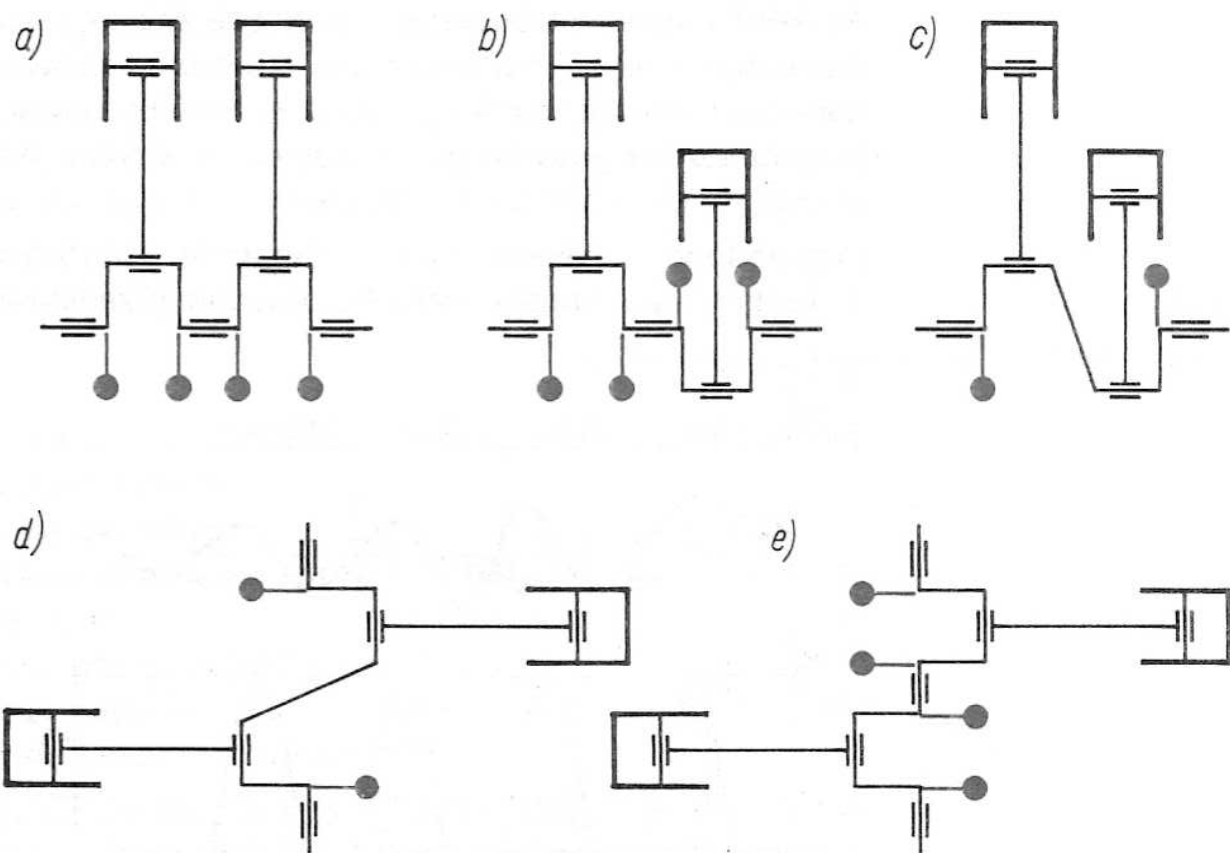
Rys. 2.27
Zasada wyrównowa-
nia sił odśrodkowych

Siła odśrodkowa F_o nie ma bezpośredniego wpływu na obciążenie mechaniczne zestawu tłok–cylinder ani na moment obrotowy silnika. Siła ta powoduje obciążenie łożysk głównych wału korbowego, a część tej siły, pochodząca tylko od wirującej części masy korbowodu, obciąża łożysko korbowe.

Obciążenie łożyska korbowego częścią siły F_o jest nieznaczne w porównaniu z działającą nań siłą F_k i nie można go uniknąć. Natomiast obciążenie łożysk głównych wału korbowego siłą F_o można usunąć stosując wyrównowazanie wału. Siłę odśrodkową F_o można zrównoważyć umieszczając na przedłużeniu ramion wykorbienia dwa równe przeciwważary, o łącznej masie m . Odległość r_m środka ciężkości tej masy od osi wału powinna być tak dobrana, aby wywołana podczas obrotu przeciwważarów siła odśrodkowa F_{op} była równa sile F_o (rys. 2.27).

$$F_{op} = F_o$$

Znacznie trudniejsze jest wyrównoważenie sił bezwładności F_b wywołanych postępowo-zwrotnym ruchem mas, siły te bowiem nieustannie zmieniają wartość i zwrot. Niemożliwe jest więc dobranie takiej niezmienniej masy wyrównowazającej, która mogłaby całkowicie zrównoważyć zmienne siły F_b . W praktyce przyjęto stosować takie masy przeciwcieźarów wyrównowazających, których siły odśrodkowe równoważą pewną średnią wartość sił bezwładności (np. w silnikach jednocylindrowych równoważą około 50% $F_{b\ max}$). Pozostała, niewyrównowazona część siły F_b przez łożysko główne wału korbowego działa na kadłub silnika, powodując jego drgania i wstrząsy. W zasadzie w każdym



silniku występują pewne siły niewyrównowazone, chociaż w silnikach wielocylindrowych wzajemne oddziaływania między siłami powstającymi w mechanizmach korbowych różnych cylindrów niekiedy znacznie zmniejszają zewnętrzne efekty niepełnego wyrównowazania.

Przykłady rozmieszczenia przeciwcieźarów w mechanizmach korbowych silników o rozmaitych układach konstrukcyjnych przedstawiono na rys. 2.28a ÷ e.

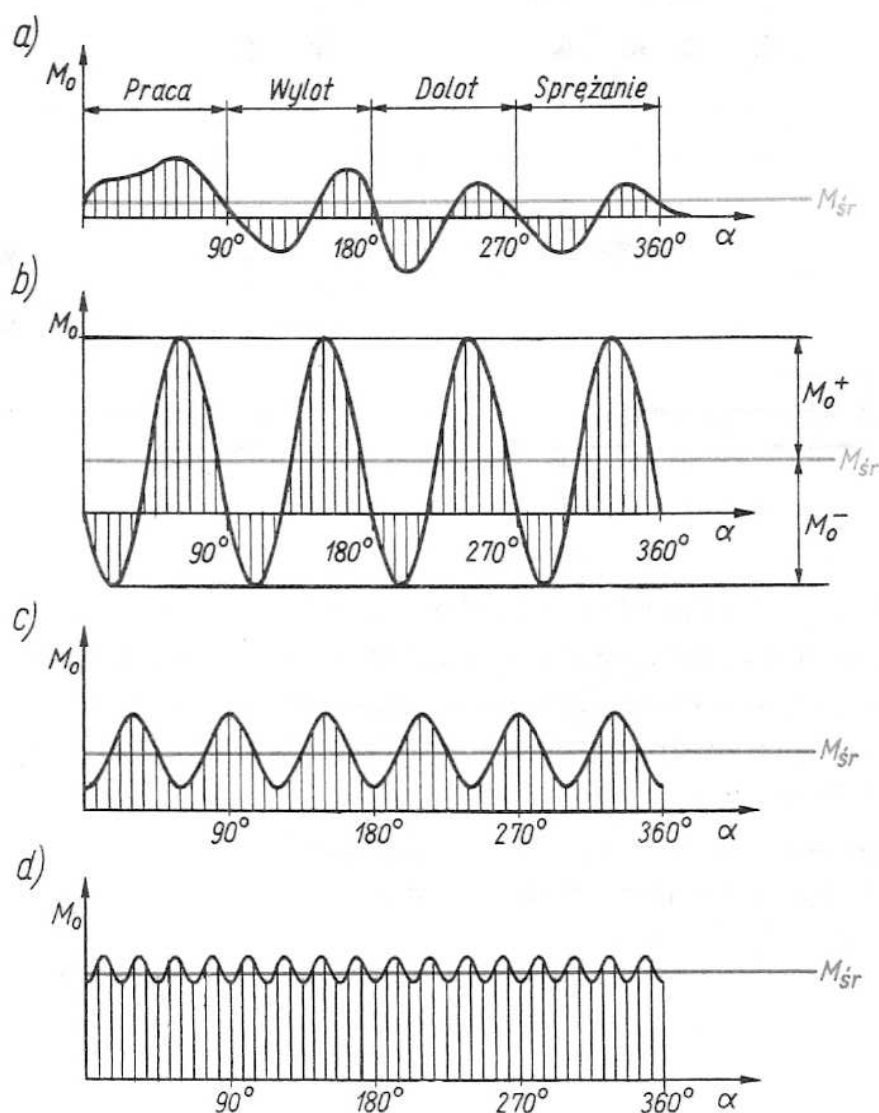
Rys. 2.28
Rozmieszczenie przeciwcieźarów w mechanizmach korbowych [7]

2.8.4

Nierównomierność biegu silnika

Pracę tłokowego silnika spalinowego cechuje, jak już wspomniano, zmienność momentu obrotowego w czasie jednego obrotu wału korbowego. Najwyraźniej można to zauważyć w czterosuwowym silniku jednocylindrowym, w którym na jeden suw pracy przypadają trzy suwy pomocnicze. Podczas suwu pracy znaczne siły gazowe przyspieszają ruch układu korbowego, natomiast w czasie suwów wylotu, dołotu i sprężania prędkość obrotowa wału korbowego maleje. Te właśnie zmiany prędkości obrotowej silnika w czasie cyklu pracy powodują nierównomierny bieg silnika. Zmniejszeniu nierównomierności biegu silnika służy koło zamachowe, zamocowane współosiowo na końcu wału korbowego i wirujące razem z wałem. Dzięki dużej masie (dużej bezwładności) koło zamachowe magazynuje nadwyżki energii przekazywanej na wał korbowy w chwilach przyspieszania jego biegu, a następnie oddaje nagromadzoną energię w okresach jej niedoboru.

Przykładowe wykresy zmian momentu obrotowego silnika w funkcji kąta obrotu wału korbowego przedstawia rys. 2.29.



Rys. 2.29

Wykresy momentów obrotowych silników:
a) jednocylindrowego,
b) czterocylindrowego,
c) sześciocylindrowego,
d) szesnastocylindrowego

Porównanie tych wykresów ułatwi zrozumienie wpływu liczby cylindrów na równomierność biegu silnika. Im większa jest liczba cylindrów, tym mniejsze są nadwyżki (M_o^+) i niedomiary (M_o^-) momentu obrotowego, a więc tym równomierniejszy jest bieg silnika.

Masę koła zamachowego dobiera się odpowiednio do wartości nadwyżek i niedomiarów energii, które musi ono pochłaniać i oddawać. Jest więc oczywiste, że największe koło zamachowe powinien mieć jednocyldrowy silnik czterosuwowy. W miarę zwiększania liczby cylindrów koło zamachowe może być coraz mniejsze.

Należy również zdać sobie sprawę z faktu, że okresowe działanie tak wielu sił na mechanizm korbowy wywołuje drgania wału korbowego, których częstość musi być także brana pod uwagę przy projektowaniu silników. Silniki wielocyldrowe mają długie wały korbowe, podatne na powstawanie drgań skrętnych. Dlatego w takich silnikach można spotkać zamocowane na wale korbowym tłumiki drgań skrętnych.

2.8.5

Konstrukcja układu korbowego

Tłoki. Tłok silnika spalinowego musi spełniać wiele zadań, z których najważniejsze to:

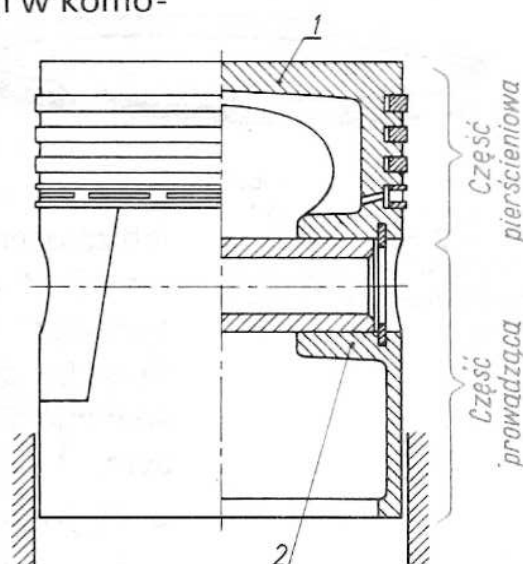
- uszczelnienie cylindra;
- przekazywanie siły nacisku gazów na dalsze części mechanizmu korbowego;
- prowadzenie górnej części korbowodu;
- dostatecznie szybkie odprowadzanie ciepła z części tłoka stykającej się bezpośrednio ze spalinami.

W niektórych konstrukcjach tłok — dzięki korzystnemu ukształtowaniu denka — jest także elementem wytwarzającym w komorze spalania właściwe warunki spalania.

Tłok, aby sprostać tym wymaganiom, musi być właściwie ukształtowany, lekki, wytrzymały i trudno ścieralny. Ponadto nie może on zbyt szybko zmieniać wymiarów pod wpływem zmian temperatury, natomiast musi dobrze przewodzić ciepło. Wszystkie te wymagania zostają spełnione dzięki właściwemu materiałowi tłoka oraz jego prawidłowej konstrukcji.

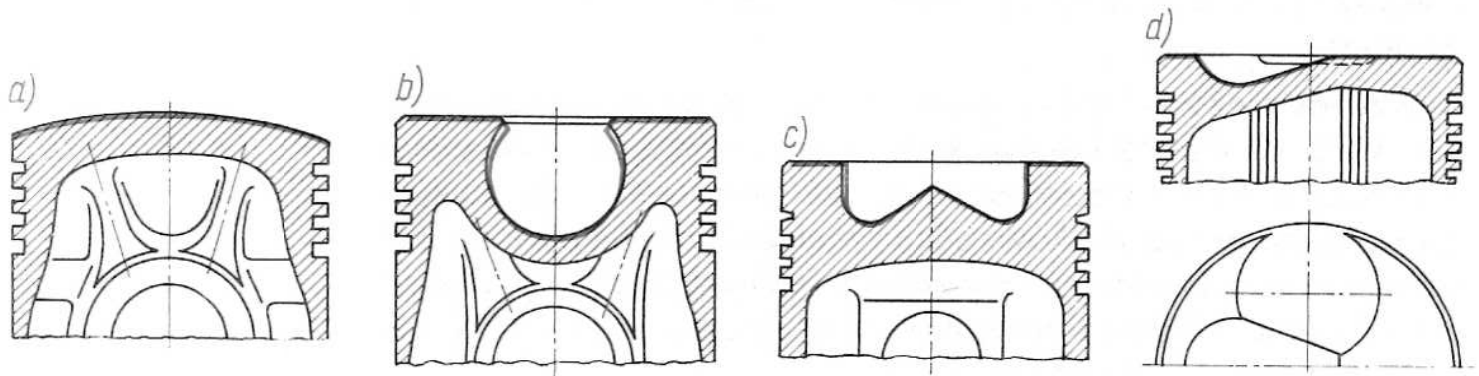
Tłoki współczesnych silników samochodowych najczęściej odlewa się ze stopów aluminium. Zapewnia to im niewielką masę, a tym samym zmniejsza ob-

Rys. 2.30
Zasadnicze elementy
tłoka [16]
1 — denko, 2 — piasta



ciążenie mechanizmu korbowego siłami bezwładności. W tłoku można wyróżnić następujące części: denko 1, część pierścieniową, część prowadzącą oraz piasty 2 (rys. 2.30).

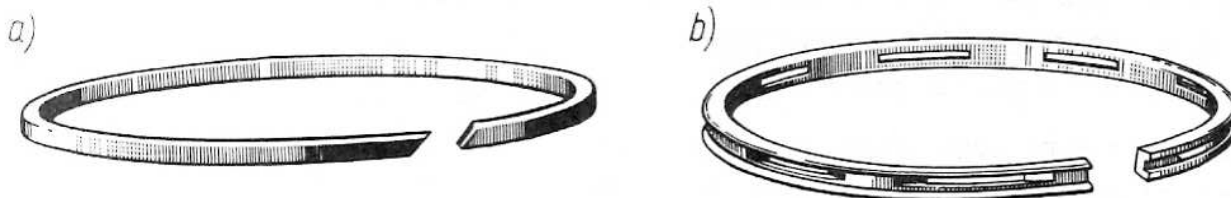
- *Denko* jest częścią tłoka, której ukształtowanie, zwłaszcza w silnikach z zapłonem samoczynnym, zależy od typu komory spalania. W silnikach z wtryskiem bezpośrednim większa część komory spalania znajduje się w odpowiednio ukształtowanym denku tłoka. Denko takiego tłoka jest szczególnie silnie ob-



Rys. 2.31
Denka tłoków [7]

ciążone cieplnie. W silnikach o zapłonie iskrowym lub w silnikach o zapłonie samoczynnym z dzieloną komorą spalania denka tłoków z reguły są płaskie lub nieco wypukłe w celu zwiększenia ich wytrzymałości. Przykłady różnych rozwiązań denek tłoków przedstawiono na rys. 2.31a ÷ d.

- *Część pierścieniowa* służy do osadzania pierścieni tłokowych, które spełniają dwa bardzo istotne zadania: uszczelniają tłok w cylindrze oraz odprowadzają ciepło z tłoka do ścianek cylindra. Pierścienie tłokowe uszczelniające, zazwyczaj 2 lub 3, są wykonywane z żeliwa. Pierścienie te mają przecięcie umożliwiające



Rys. 2.32
Pierścienie tłokowe: a) uszczelniający, b) zgarniający [7]

ich założenie na tłok oraz zapewniające im sprężystość. Najniższy pierścień w zestawie zwykle ma odmienną konstrukcję. Jego zadaniem jest zgarnianie oleju z gładzi cylindra podczas ruchu tłoka ku dołowi, tak aby olej ten nie przedostał się do komory spalania (rys. 2.32). Jest on nazywany pierścieniem zgarniającym.

- *Część prowadząca*, zwana także płaszczem tłoka, prowadzi tłok w cylindrze oraz przenosi siły F_n nacisku tłoka na gładź

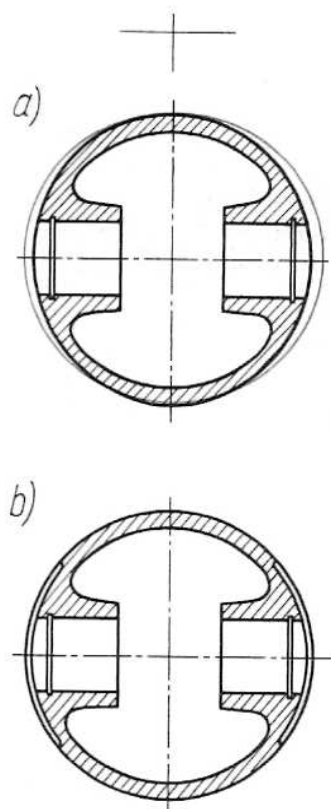
cylindra. Ta część tłoka jest więc narażona na ścieranie, zmniejszane obecnością cienkiej warstewki oleju między tłokiem a cylindrem.

Prawidłowa współpraca tłoka z cylindrem wymaga zachowania odpowiedniego luzu (kilka do kilkunastu setnych milimetra) między częścią prowadzącą tłoka a gładzią cylindra. Luz zbyt duży zmniejsza szczelność tłoka oraz powoduje jego wadliwe ustawienie w czasie ruchu. Luz za mały powoduje zakleszczenie się tłoka w cylindrze, gdy materiał tłoka rozszerzy się pod wpływem nagrzania.

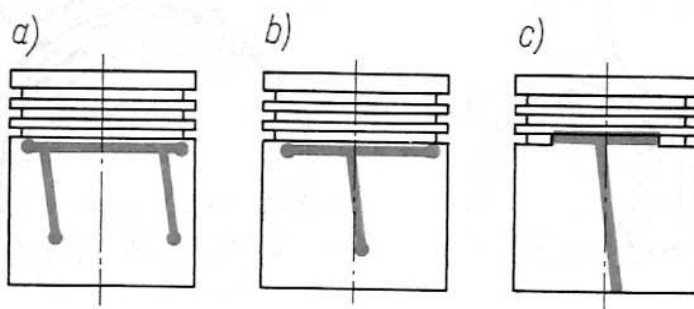
Po nagrzaniu się do temperatury, w jakiej pracuje on w silniku, tłok powinien mieć walcową powierzchnię zewnętrzną części prowadzącej. Po ostudzeniu tłoka, ze względu na różną grubość jego elementów oraz ze względu na znacznie zróżnicowaną uprzednio temperaturę tych elementów, jego kształt zewnętrzny się zmieni. Średnica tłoka mierzona wzdłuż osi sworznia tłokowego będzie mniejsza niż średnica mierzona w kierunku prostopadłym do osi sworznia. Średnica mierzona na wysokości sworznia będzie mniejsza niż średnica mierzona u dołu części prowadzącej. Jest to zrozumiałe zważywszy, że wzdłuż osi sworznia tłokowego jest o wiele więcej metalu, stanowiącego piasty sworznia. Większe skupienie metalu rozszerzy się bardziej niż cieńsze miejsca tłoka. Także w osi sworznia tłokowego jest więcej metalu niż u dołu części prowadzącej, a ponadto dolna część tłoka w czasie pracy silnika nie osiąga tak wysokiej temperatury, jak część sąsiadująca z jego denkiem.

Z tych to względów tłok „na zimno” ma kształt stożkowy lub beczkowy, a w części prowadzącej jego przekrój poprzeczny jest owalny (rys. 2.33). Tę celową deformację części prowadzącej tłoka dobiera się doświadczalnie i wynosi ona $0,05 \div 0,25$ mm.

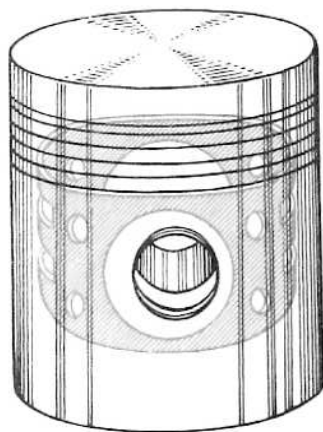
Stosuje się różne sposoby, aby choć w pewnym stopniu uprościć komplikujący się zewnętrzny kształt tłoka. Powszechnie stosowanym sposobem zapobiegania zakleszczeniu nagrzewającego się tłoka w cylindrze jest wybieranie materiału z części prowadzącej tłoka w okolicy piast sworznia tłokowego. Stosowane jest także przecinanie części prowadzącej tłoka poprzecznie, tuż pod pierścieniem zgarniającym, oraz ukośnie, wzdłuż płaszcza tłoka



Rys. 2.33
Kształt tłoka: a) owalny, b) okrągły. Linia niebieska przedstawia kształt tłoka po nagrzaniu [14]



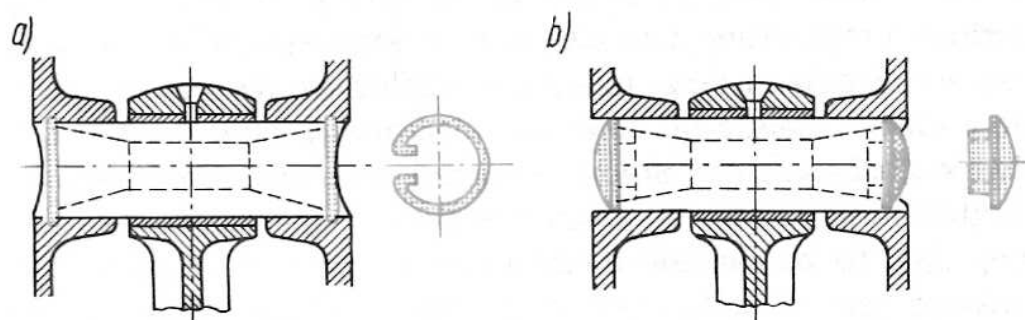
Rys. 2.34
Przecięcia części prowadzącej tłoka [7]



Rys. 2.35
Tłok z wkładką zmniejszającą jego rozszerzalność [7]

(rys. 2.34a, b, c). Przecięcia takie ukierunkowują przepływ ciepła w tłoku oraz czynią część prowadzącą elastyczną, sprężynującą. W tłoki większych silników często wtapia się wkładki wykonane z materiału trudno rozszerzalnego pod wpływem ciepła. Wkładki takie skutecznie ograniczają rozszerzalność części prowadzącej (rys. 2.35).

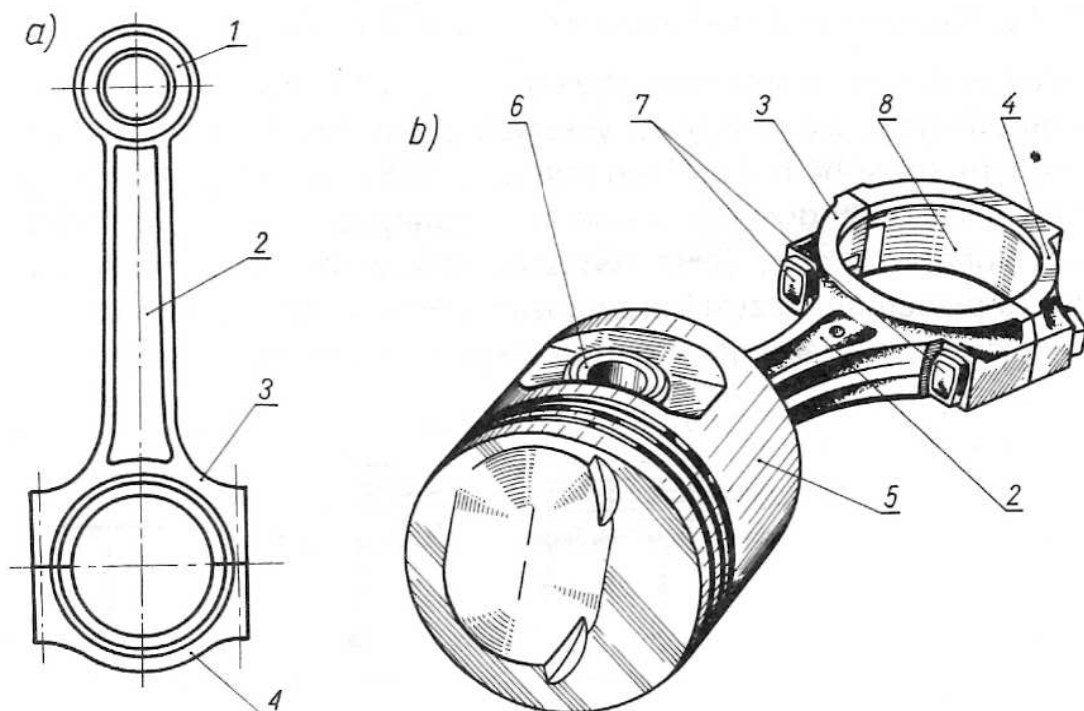
● *Piasty* służą do podparcia stalowego sworznia tłokowego, łączącego tłok z korbowodem (rys. 2.36a, b) Sworzeń tłokowy zazwyczaj może się obracać swobodnie w tłoku i w głowce korbowodu, chociaż niekiedy w jednym z łączonych elementów może być osadzony nieruchomo. Sworzeń tłokowy jest zabezpieczony przed wysunięciem się z tłoka najczęściej pierścieniami sprężystymi z drutu.



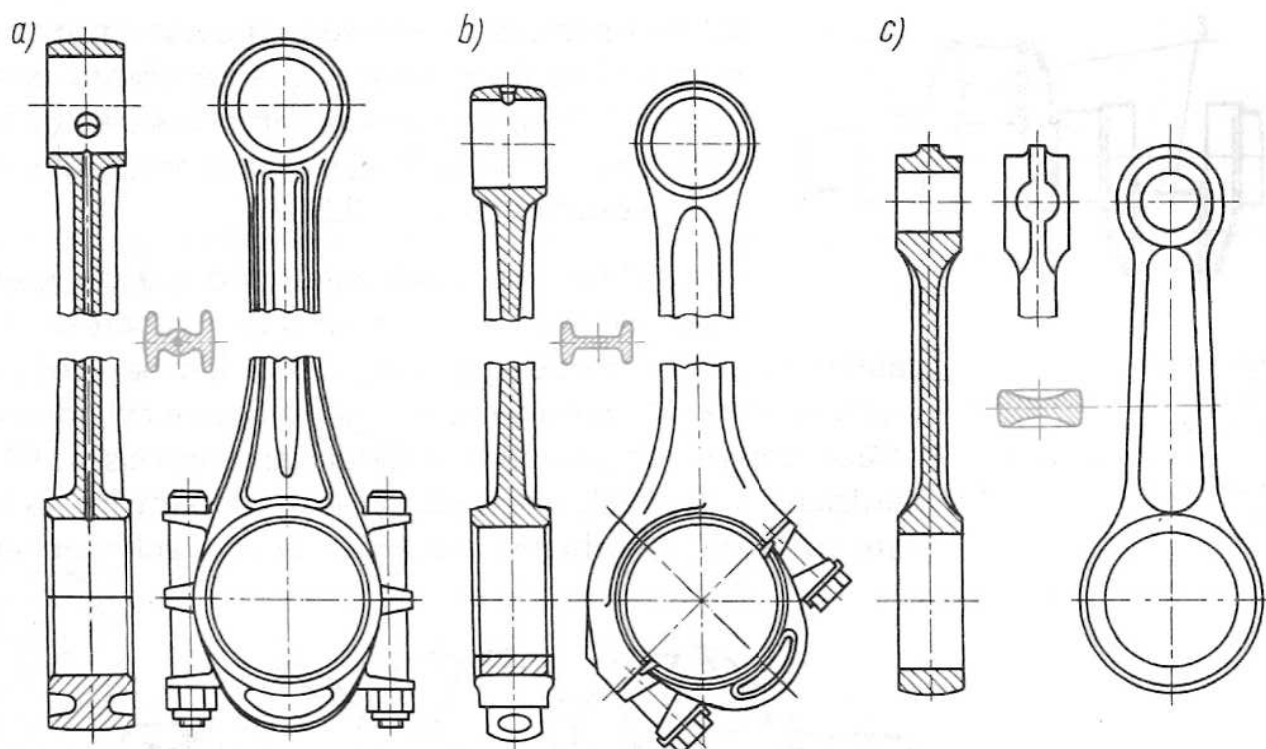
Rys. 2.36
Sposoby osadzania sworznia tłokowego [7]

Korbowody. Korbowód łączy tłok z wałem korbowym, przenosząc nań siłę F_k , będącą składową całkowitej siły działającej na tłok.

W korbowodzie można rozróżnić główkę 1, trzon 2, łeb 3 i pokrywę 4 łba (rys. 2.37).



Rys. 2.37
Korbowód i jego połączenie z tłokiem:
a) schemat korbowodu, b) zespół korbowód-tłok-sworzeń tłokowy
1 — głowka, 2 — trzon,
3 — łeb, 4 — pokrywa łba,
5 — tłok z pierścieniami,
6 — sworzeń tłokowy, 7 — śruby korbowodowe, 8 — łożysko ślizgowe



- **Główka** jest częścią, która łączy tłok ze sworzeniem tłokowym. W główkę jest z reguły wciśnięta tuleja ślizgowa, stanowiąca łożysko dla obracającego się w niej sworznia tłokowego.

- **Trzon** jest częścią łączącą główkę korbowodu z jego łbem. Ponieważ trzon korbowodu jest podczas pracy ściskany, rozciągany, wybaczany oraz zginany, przeto musi on być dostatecznie wytrzymały i sztywny. Zazwyczaj trzon ma przekrój dwuteowy, wydawnie zwiększający się w miejscu połączenia z główką i łbem.

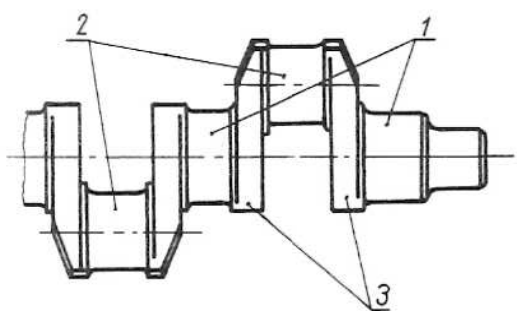
- **Łeb** korbowodu obejmuje czop korbowy. Łeb jest wyposażony w łożysko ślizgowe, zwane panewką korbową, dzięki czemu ślizga się po czopie wału. Łeb korbowodu jest dzielony, a jego pokrywa jest przykręcona dwiema śrubami. Płaszczyzna podziału łba jest albo prostopadła do osi korbowodu, albo ukośna. Podział ukośny zmniejsza szerokość korbowodu umożliwiając jego wyjęcie przez cylinder silnika (rys. 2.38a, b).

Korbowody odkuwa się ze stali niestopowej (do niedawna zwanej stalą węglową) do ulepszenia cieplnego lub ze stali stopowych. Użycie wytrzymalszego materiału umożliwia zmniejszenie masy korbowodu, a tym samym — zmniejszenie niepożądanych sił masowych.

Korbowody z łbem niedzielnym stosuje się jedynie w silnikach dwusuwowych, gdzie są stosowane łożyska toczne (rys. 2.38c). Takie uproszczenie budowy korbowodu powoduje jednak konieczność rozbierania wału korbowego w celu założenia korbowodu z łożyskiem na czop korbowy.

Rys. 2.38

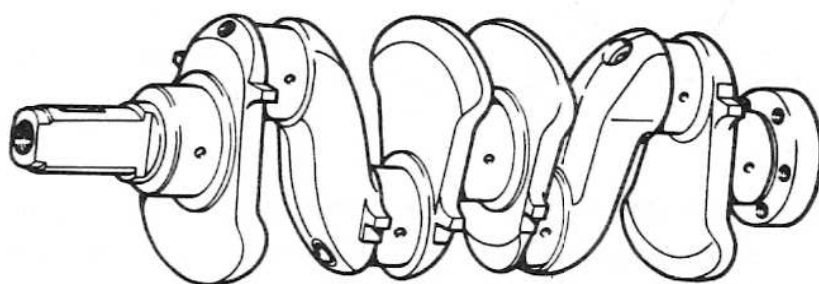
Zasadnicze odmiany korbowodów: a) z łbem dzielonym prostopadle do osi korbowodu, b) z łbem dzielonym ukośnie, c) z łbem niedzielnym, przystosowanym do łożyska tocznego (w silniku dwusuwowym) [7]



Rys. 2.39
Zasadnicze elementy wału korbowego [7]
1 — czopy główne, 2 — czopy korbowe, 3 — ramiona

Wały korbowe. W wale korbowym można rozróżnić czopy główne 1, stanowiące oś obrotu wału, czopy korbowe 2, na których są zamocowane łąby korbowodów, oraz ramiona 3, które łączą czopy główne z czopami korbowymi (rys. 2.39).

Ukształtowanie wału zależy od układu konstrukcyjnego silnika, liczby i układu cylindrów, kolejności zapłonów, liczby czopów głównych itp. Liczba czopów korbowych w silnikach rzędowych równa się liczbie cylindrów, a w silnikach widlastych jest zwykle dwukrotnie mniejsza. W silnikach bardziej obciążonych wał korbowy jest podparty łożyskiem głównym co każde wykorbienie, natomiast w silnikach o obciążeniu nie

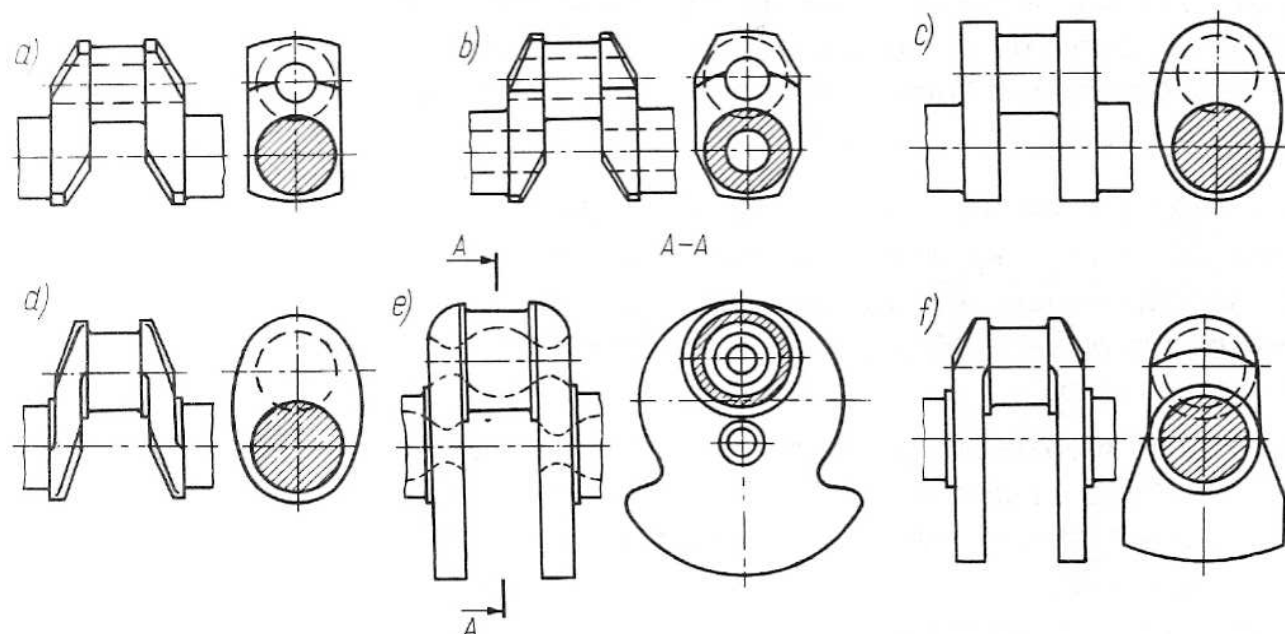


Rys. 2.40
Wał korbowy czterosuwowego silnika czterosylindrowego [16]

tak dużym — co drugie wykorbienie. Przykład konstrukcji wału korbowego przedstawiono na rys. 2.40, natomiast kształty różnych odmian ramion wałów przedstawia rys. 2.41a ÷ f.

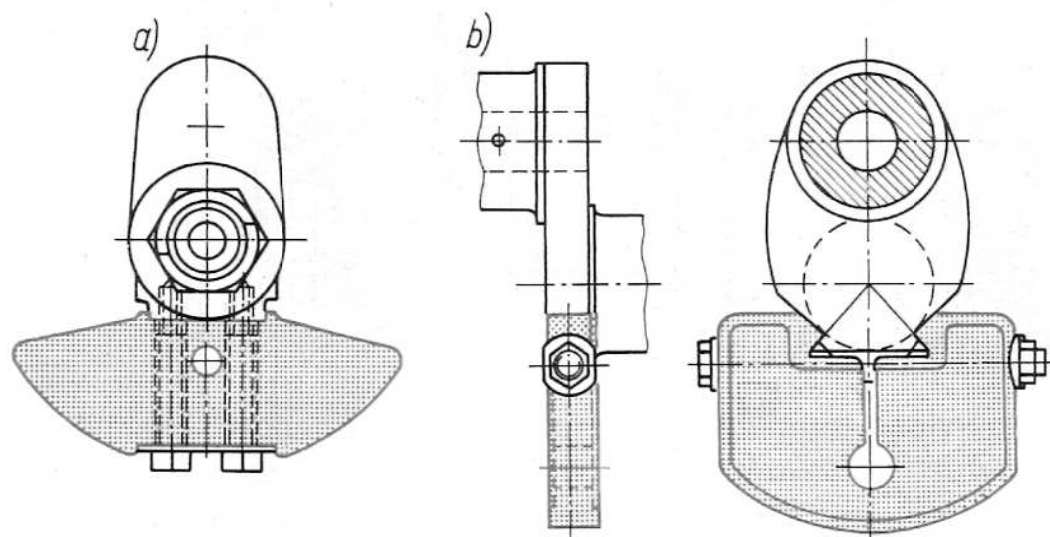
Z tyłu wał korbowy jest zwykle zakończony kołnierzem do umocowania koła zamachowego. Natomiast część przednia wału na ogół służy do osadzania napędu rozrządu, koła pasowego napędu urządzeń pomocniczych lub odśrodkowego filtra oleju. W silnikach wielocylindrowych na przednim końcu wału korbowego niekiedy jest także tłumik drgań skrętnych.

Rys. 2.41
Typowe odmiany ramion wałów korbowych [7]



Przedłużenia ramion wału stanowią przeciwcieżary, których zadaniem jest wyrównoważenie silnika. Przeciwcieżary mogą stanowić jedną całość z ramionami wału (rys. 2.41) lub mogą być do nich przykręcane (rys. 2.42a, b).

W ramionach i czopach wału są wywiercone kanały, którymi doprowadza się olej do łożysk wału.



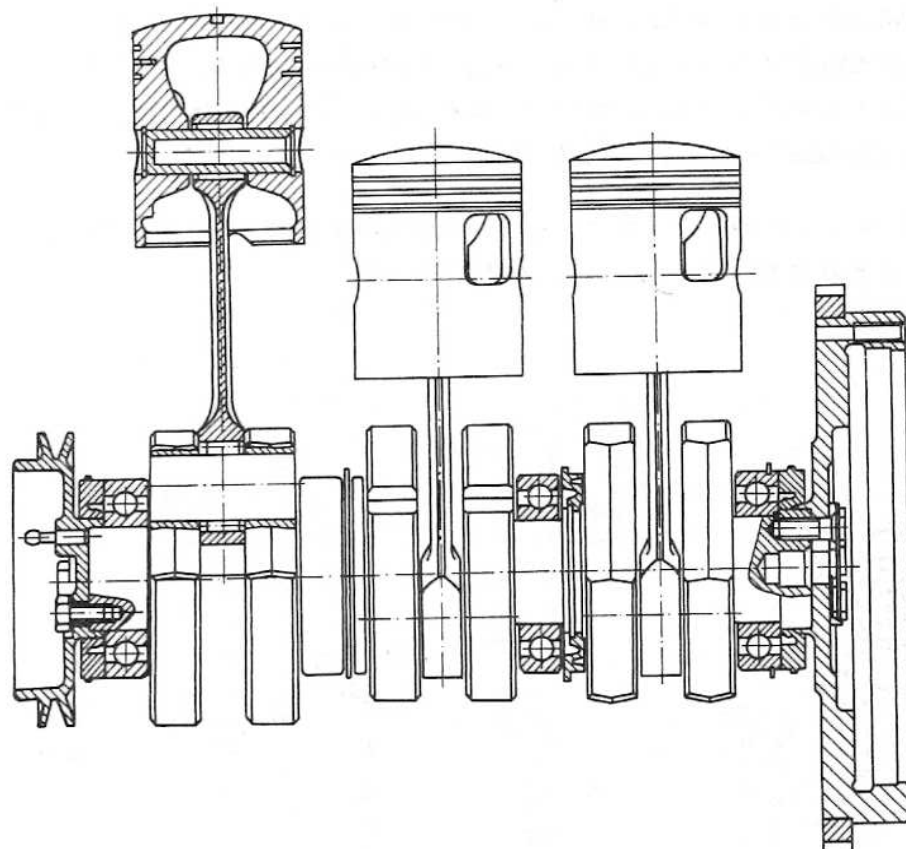
Rys. 2.42
Sposoby mocowania przeciwcieżarów [7]

Obciążenie wału korbowego siłami ciśnienia gazów oraz siłami bezwładności mas wirujących i mas znajdujących się w ruchu postępowo-zwrotnym sprawia, że warunki, w jakich on pracuje, są wyjątkowo trudne. Wał korbowy musi być wytrzymały na skręcanie i zginanie, odporny na zmęczenie i dostatecznie sztywny. Czopy korbowe i główne wału muszą być ponadto odporne na ścieranie.

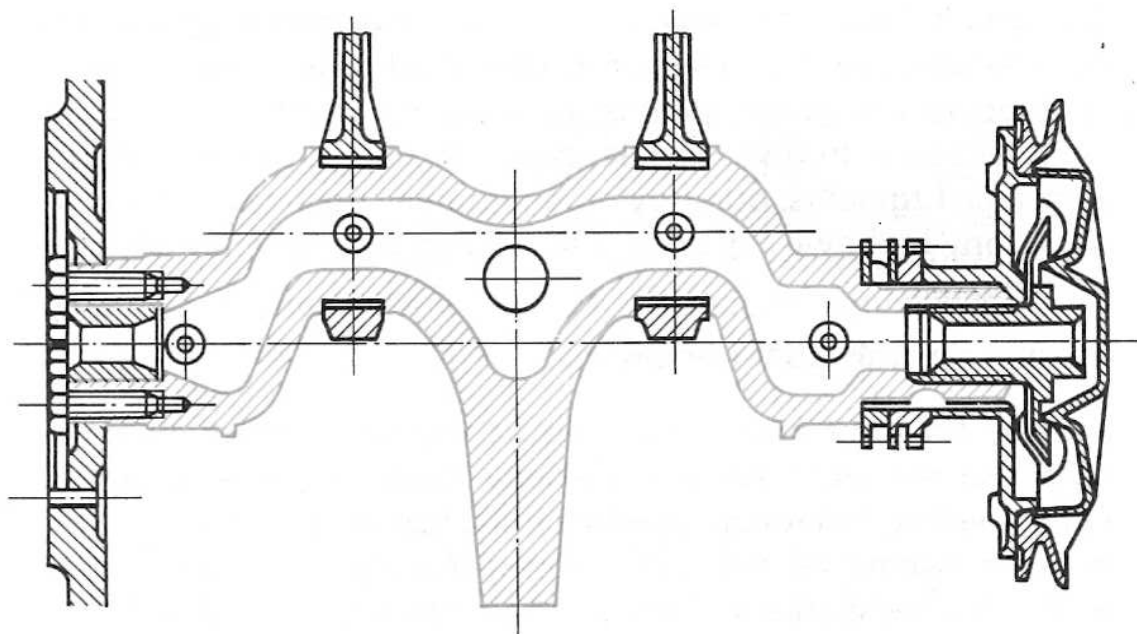
Stosuje się wały kute i odlewane.

- *Wały korbowe kute* przeważnie są wykonywane ze stali niestopowej wyższej jakości, a niekiedy także ze stali stopowych. Odpowiednią twardość powierzchni czopów głównych i korbowych wałów ze stali niestopowej uzyskuje się przez hartowanie powierzchniowe. Powierzchnię czopów wałów wykonanych ze stali stopowych utwardza się przez nawęglanie. Ze względu na znaczny koszt tego procesu nawęglanie jest prawie wyłącznie stosowane do czopów korbowych stanowiących bieżnię łożysk tocznych. Takie wały korbowe są charakterystyczne dla silników dwusuwowych (rys. 2.43).

- *Wały korbowe odlewane* wykonuje się zwykle z żeliwa sferoidalnego, pod względem własności wytrzymałościowych zbliżonego do stali. Czopy wałów odlewanych z żeliwa sferoidalnego charakteryzuje znaczna twardość, toteż nie wymagają one za-



Rys. 2.43
Mechanizm korbowy
silnika dwusuwowego
(Wartburg) [14]



Rys. 2.44
Odlewany wał korbo-
wy silnika Polski Fiat
126p [7]

zwyczaj utwardzania (rys. 2.44). Zaletą odlewania wałów korbowych jest ponadto łatwość uzyskaniażądanego kształtu, a więc uproszczenie obróbki skarawaniem.

Łożyska główne i korbowe. Wały korbowe i łby korbowodów czterosurowych silników spalinowych z reguły są łożyskowane w łożyskach ślizgowych (panewkach), smarowanych olejem doprowadzanym pod ciśnieniem. Regułą jest także wykonywanie panewek w postaci wymiennych wkładek stalowych po-

krytych od wewnątrz cienką warstwą stopu łożyskowego. Grubość wkładek stalowych wynosi zwykle $1,5 \div 3$ mm, a grubość warstwy stopu łożyskowego $0,3 \div 0,5$ mm.

Jako stopy łożyskowe stosuje się stopy cynowo-ołowiowe, miedziowo-ołowiowe oraz niekiedy aluminiowo-cynowe. Zazwyczaj wkładkę stalową pokrywa się kilkoma cienkimi warstwami różnych stopów łożyskowych. Technologia panewek zapewnia taką dokładność ich grubości, że podczas montażu silnika nie wymagają one żadnej dodatkowej obróbki.

2.9

Mechanizm rozrządu

2.9.1

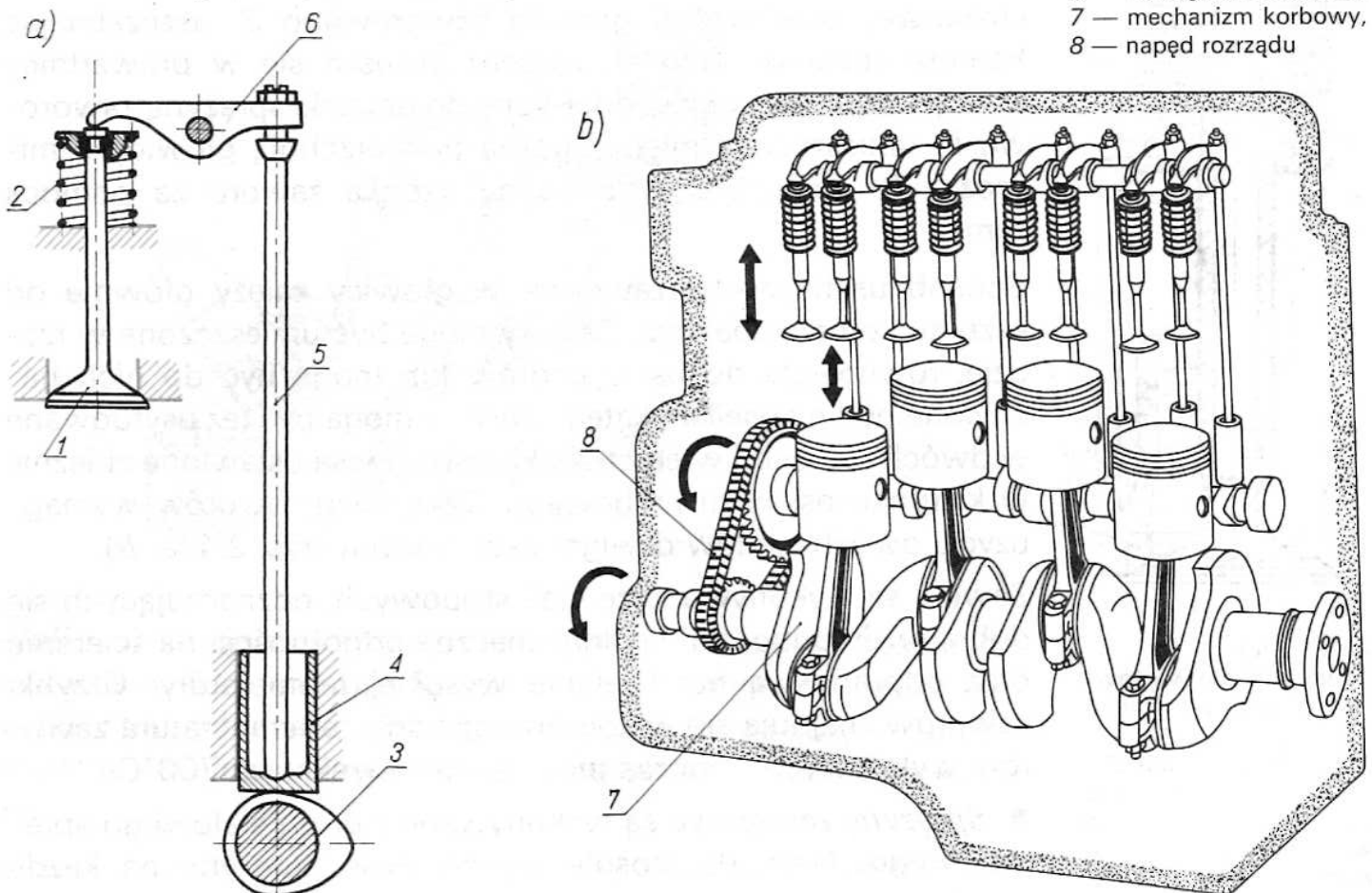
Zadania i rodzaje mechanizmów rozrządu

Zadaniem mechanizmu rozrządu jest sterowanie napływem do cylindra silnika świeżej mieszanki oraz sterowanie usuwaniem z nich spalin. Mechanizmy rozrządu stosuje się zasadniczo w silnikach czterosuwowych. W silnikach dwusuwowych okna dółotowe i wylotowe przysłania i odsłania tłok, jest to tzw. rozrząd tłokowy. W dużych silnikach dwusuwowych także można spotkać niekiedy mechanizm rozrządu.

Rys. 2.45

Mechanizm rozrządu:
a) schemat, b) rysunek poglądowy usytuowania w silniku

1 — zawór, 2 — sprężyna zaworowa, 3 — wał rozrządu, 4 — popychacz, 5 — drążek popychacza, 6 — dźwignia zaworowa, 7 — mechanizm korbowy, 8 — napęd rozrządu



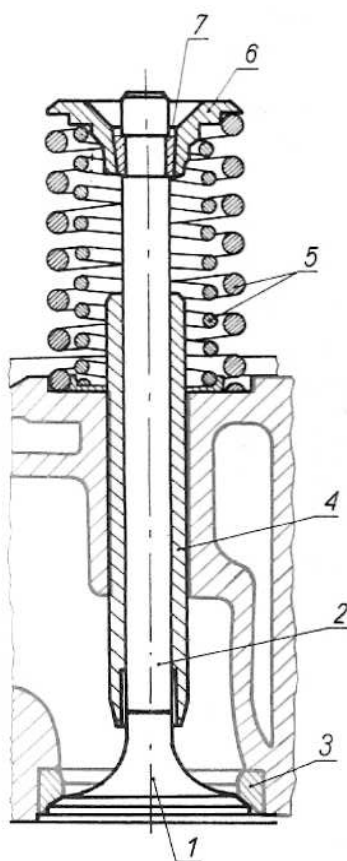
We współczesnych czterosuwowych silnikach spalinowych stosuje się wyłącznie mechanizmy rozrządu z zaworami o ruchu postępowo-zwrotnym (rys. 2.45). W skład takiego mechanizmu rozrządu wchodzi następujące części: zawory 1, sprężyny zaworowe 2, wałek rozrządu 3, popychacze 4 z drążkami popychaczy 5 i dźwigniami zaworowymi 6 oraz elementy napędu wałka rozrządu.

W takim układzie zawory są umieszczone w głowicy silnika. Układ taki nazywa się *górnzaworowym*, w odróżnieniu od nie stosowanego już obecnie układu *dolnozaworowego*, w którym zawory były osadzone w kadłubie silnika.

Krzywki wałka rozrządu obracając się wymuszają postępowo-zwrotny ruch ślizgających się po nich popychaczy. Popychacze wprowadzają w ruch pozostałe elementy mechanizmu rozrządu powodując w efekcie wznios zaworów.

2.9.2

Elementy mechanizmu rozrządu



Rys. 2.46

Umieszczenie w głowicy zaworu ze sprężyną [1]

1 — grzybek zaworu, 2 — trzonek zaworu, 3 — gniazdo zaworowe, 4 — prowadnica, 5 — sprężyna zaworowa, 6 — miśeczka, 7 — zamek

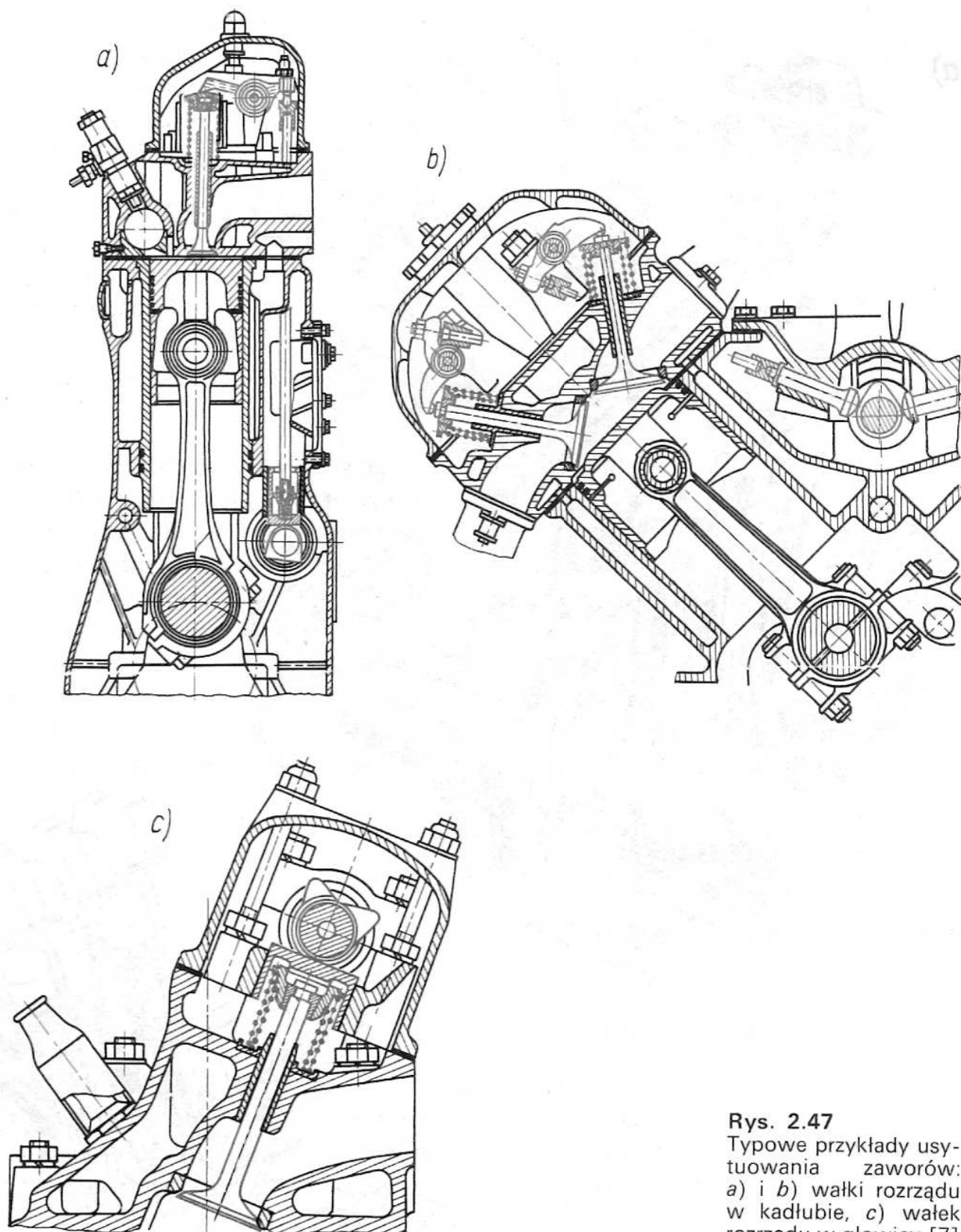
Zawory ze sprężynami. Elementami mechanizmu rozrządu, które otwierają i zamykają wlot do cylindra, są zawory: dolotowy i wylotowy (rys. 2.46).

- *Zawór* składa się z grzybka 1 oraz trzonka 2. Gdy zawór jest zamknięty, stożkowa powierzchnia grzybka przylega szczelnie do stożkowej powierzchni gniazda zaworowego 3, uszczelniając komorę spalania. Trzonek zaworu porusza się w prowadnicy zaworowej 4. Zawór jest dociskany do gniazda sprężyną zaworową 5, umieszczoną między górną powierzchnią głowicy a miśeczką 6, umocowaną do końca trzonka zaworu za pomocą zamka 7.

Sposób usytuowania zaworów w głowicy zależy głównie od kształtu komory spalania. Zawory mogą być umieszczone w rzędzie, równoległe do osi cylindrów lub mogą być do nich nachylone pod niewielkim kątem. Zawory mogą być też usytuowane w dwóch rzędach i wtedy trzonki zaworów są ustawione zbieżnie w kierunku osi wału korbowego. Taki układ zaworów wymaga użycia dwóch rzędów dźwigni zaworowych (rys. 2.47a, b).

Zawory są wykonywane ze stali stopowych, odznaczających się dobrą przewodnością cieplną, znaczną odpornością na ścieranie oraz odpornością na działanie wysokiej temperatury. Grzybki zaworów znajdują się w komorze spalania, a temperatura zaworów wylotowych podczas pracy silnika przekracza 700°C.

- *Sprężyny zaworowe* są wykonywane z drutu stalowego sprężynowego. Niekiedy stosuje się po dwie sprężyny na każdy zawór.

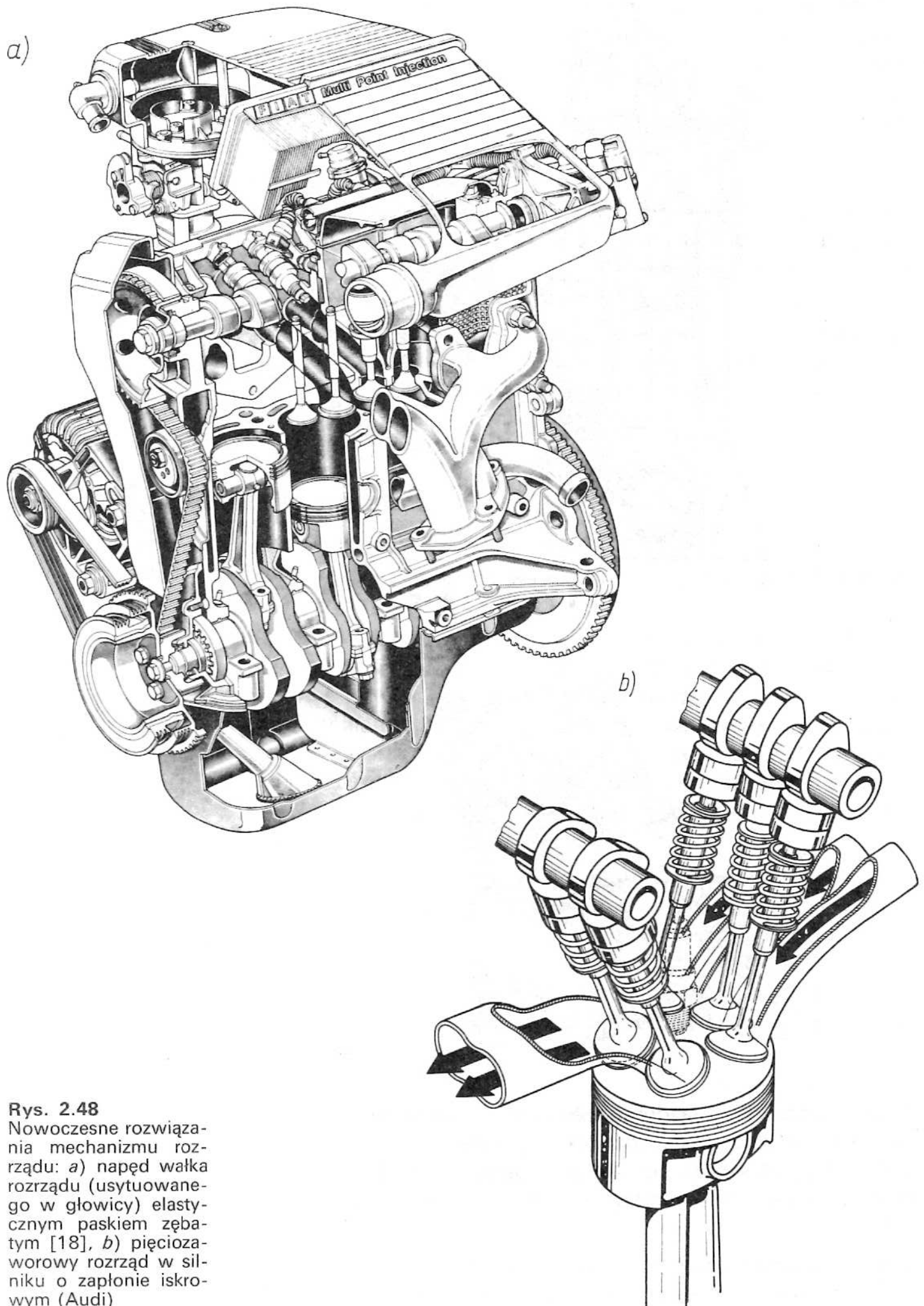


Rys. 2.47

Typowe przykłady usytuowania zaworów:
a) i b) wałki rozrządu w kadłubie, *c)* wałek rozrządu w głowicy [7]

Wałki rozrządu. Każdemu zaworowi odpowiada oddzielna krzywka wałka rozrządu. Krzywki są wykonane na wałku rozrządu, który obracając się wznosi i opuszcza zawory w odpowiedniej kolejności, wynikającej z kąтового ustawienia krzywek.

Wałek rozrządu może być umieszczony w kadłubie silnika (rys. 2.47*a, b*) lub w głowicy (rys. 2.47*c*). W pierwszym przypadku



Rys. 2.48
 Nowoczesne rozwiązania mechanizmu rozrządu: *a)* napęd wałka rozrządu (usytuowanego w głowicy) elastycznym paskiem zębatym [18], *b)* pięciozaworowy rozrząd w silniku o zapłonie iskrowym (Audi)

ruch wznoszonych krzywkami popychaczy jest przenoszony na zawory za pośrednictwem drążków popychaczy i dźwigni zaworowych. W przypadku drugim krzywki naciskają na zestaw zawór-sprężyna zaworowa bezpośrednio lub za pośrednictwem dźwigni zaworowych (rys. 2.47b).

Wałek rozrządu jest napędzany od wału korbowego za pomocą łańcucha lub — w nowoczesnych samochodach — za pomocą elastycznego paska zębatego (rys. 2.48a). W silnikach czterosuwowych prędkość obrotowa wałka rozrządu jest zawsze dwukrotnie mniejsza od prędkości obrotowej wału korbowego silnika, a więc przekładnia napędu wałka rozrządu ma przełożenie równe 2.

Mechanizmy wielozaworowe. Jakość napełniania cylindrów świeżym ładunkiem ma bezpośredni wpływ na moc i sprawność silnika, i w znacznej mierze zależy od oporów przepływu gazów przez zawory. Opory te można zmniejszyć przez powiększenie łącznej powierzchni przepływu przy otwartych zaworach. W nowoczesnych silnikach szybkoobrotowych zwiększenie łącznej powierzchni przepływu uzyskuje się dzięki zastosowaniu więcej niż dwóch zaworów obsługujących jeden cylinder. W wielu silnikach na jeden cylinder przypadają cztery zawory, a w niektórych — nawet pięć (np. rys. 2.48b).

2.10 Kadłuby i głowice

2.10.1 Zadania kadłuba i głowicy

Kadłub i głowica stanowią elementy silnika, w których są umieszczone jego główne elementy: mechanizm korbowy i mechanizm rozrządu. Kadłub wraz z głowicą stanowią niejako obudowę tych mechanizmów, a ponadto służą do zamocowania pozostałego, zewnętrznego osprzętu silnika.

Kadłuby silników z reguły są wykonywane jako odlewy żeliwne lub ze stopów aluminium, odpowiednio ukształtowane, wiążące w całość wszystkie cylindry silnika i punkty podparcia wału korbowego oraz wałka rozrządu. Odpowiednie ukształtowanie kadłuba zapewnia ponadto warunki prawidłowego chłodzenia cylindrów oraz sprzyja doprowadzaniu oleju do wszystkich łożysk wymagających smarowania.

2.10.2

Kadłuby silników chłodzonych cieczą

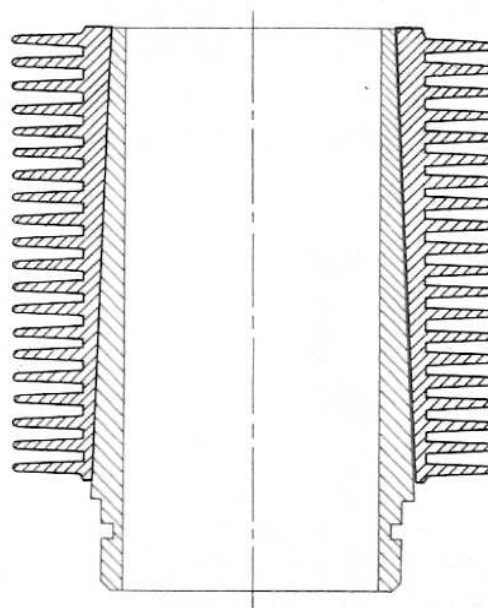
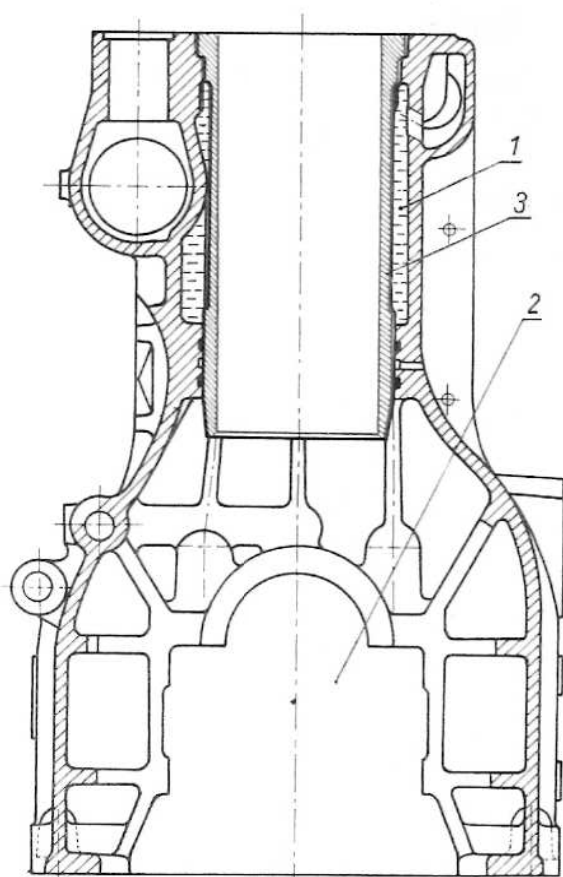
W silnikach chłodzonych cieczą blok cylindrowy tworzy jedną całość z komorą korbową, w której wiruje wał korbowy. Przestrzeń 1, w której znajduje się ciecz chłodząca cylindry, obejmuje tylko blok cylindrowy; komora korbowa 2 pozostaje nie chłodzona (rys. 2.49).

Gładź cylindrową może stanowić odpowiednio gładko obrobiony materiał kadłuba. W innych rozwiązaniach gładź cylindrową stanowi wewnętrzna powierzchnia tulei cylindrowych wciśniętych w kadłub. Tuleje cylindrowe nie mające bezpośredniego styku z cieczą chłodzącą nazywamy *suchymi*, a tuleje cylindrowe z zewnątrz bezpośrednio otoczone cieczą chłodzącą nazywamy *mokrymi*.

Rys. 2.49

Kadłub silnika z mokrymi tulejami cylindrowymi [1]

1 — ciecz chłodząca cylindry, 2 — komora korbowa, 3 — tuleja cylindrowa



Rys. 2.50

Cylinder silnika chłodzonego powietrzem [16]

2.10.3

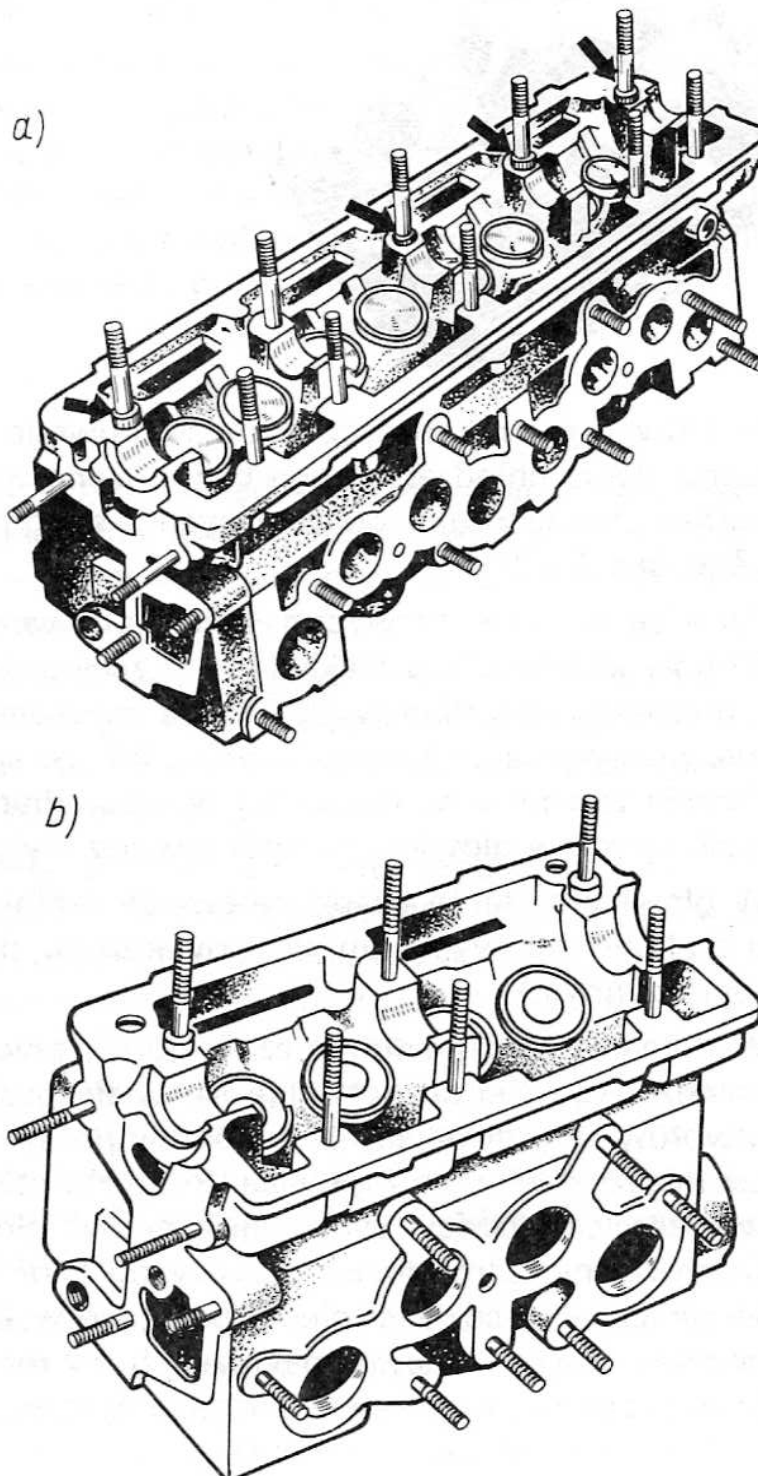
Kadłuby silników chłodzonych powietrzem

Cylindry silników chłodzonych powietrzem (rys. 2.50) zazwyczaj wykonuje się jako oddzielne elementy, przykręcone do kadłuba silnika, stanowiącego w tym przypadku obudowę komory korbowej.

Kształt zewnętrzny cylindrów silnikowych chłodzonych powietrzem powinien zapewniać uzyskanie jak największej powierz-

chni chłodzenia. Dużą powierzchnię chłodzenia, a jednocześnie korzystny ze względów technologicznych kształt cylindra, uzyskuje się przez otoczenie tulei cylindrowej żebrami.

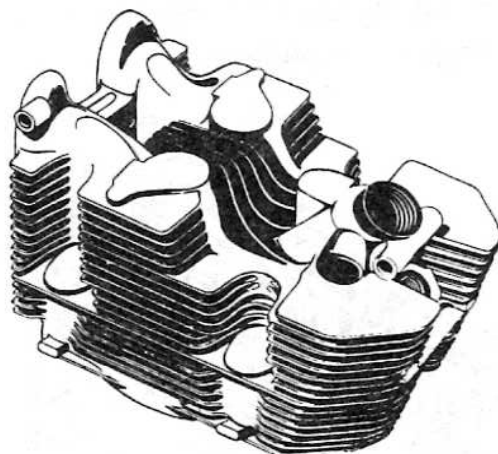
Głowica zamyka cylinder silnika od strony komory spalania. W silnikach rzędowych wielocylindrowych wspólna głowica nakrywa zazwyczaj wszystkie cylindry. Niekiedy stosuje się jednak kilka głowic, z których każda obejmuje dwa lub trzy cylindry. W silnikach chłodzonych powietrzem każdy cylinder jest nakryty oddzielną głowicą, chociaż i od tej reguły są wyjątki.



Rys. 2.51
Głowice silników czterocylindrowych chłodzonych cieczą: *a)* silnika czterocylindrowego (Lada Samara), *b)* silnika dwucylindrowego (Lada Oka)

Głowica zamykając przestrzeń nad tłokiem tworzy wraz z nim odpowiednio ukształtowaną komorę spalania. Spełnia ona także zadanie części łączącej przewody dolotowe i wylotowe oraz stanowi obudowę zestawów zaworów ze sprężynami. Ponadto w głowicy mocuje się dźwignie zaworowe, a niekiedy także wałek rozrządu.

W silnikach chłodzonych cieczą wszystkie elementy znajdujące się w głowicy są otoczone płaszczem cieczowym (rys. 2.51). W silnikach chłodzonych powietrzem głowica jest z zewnątrz uźebrowana, podobnie jak cylinder. W silnikach dwusuwowych,



Rys. 2.52
Głowica silnika chłodzonego powietrzem
[16]

w których nie ma klasycznego zaworowego mechanizmu rozrządu, żebra chłodzące mogą być ułożone w dowolny sposób, jednak zawsze wzdłuż opływających je strug powietrza chłodzącego (rys. 2.52).

Głowice silników zazwyczaj są wykonywane jako odlewy ze stopów aluminium, a niekiedy — z żeliwa. W miejscach styku z grzybkami zaworów w głowicę są wciskane gniazda zaworowe, przeważnie wykonane z brązu lub ze specjalnego żeliwa. Trzonki zaworów poruszają się w prowadnicach zaworowych, wciśniętych w głowicę, na ogół również wykonanych z brązu.

W głowicy są także osadzone świece zapłonowe (w silnikach o zapłonie iskrowym) lub wtryskiwacze (w silnikach o zapłonie samoczynnym).

W dolnej płycie głowicy oraz w górnej płycie kadłuba silnika chłodzonego cieczą wykonuje się wiele pasujących do siebie otworów, umożliwiających swobodny przepływ cieczy chłodzącej między kadłubem i głowicą. Podobne otwory wykonuje się w uszczelce głowicy, uszczelniającej styk głowicy z kadłubem. Odpowiednio silny docisk głowicy do kadłuba, tak istotny ze względu na wysokie ciśnienie panujące w komorach spalania podczas suwów pracy, zapewniają śruby mocowania głowicy. Śrub takich jest kilka wokół każdego cylindra, możliwie równomiernie rozłożonych na obwodzie.

2.11 Układ olejenia

2.11.1 Zadania układu olejenia

We wszystkich ruchowych połączeniach części silnika niezbędna jest obecność oleju smarującego, zmniejszającego wydatnie tarcie towarzyszące ruchowi względnemu współpracujących elementów. Najmniejsze tarcie, zwane *tarcie płynnym*, występuje wówczas, gdy cienka warstwa oleju całkowicie oddziela od siebie powierzchnie współpracujących części. Utworzenie takiej warstewki oleju wymaga dostarczenia go do punktów smarowania pod odpowiednio dużym ciśnieniem.

Zadaniem układu olejenia w silniku jest doprowadzenie oleju do wszystkich punktów wymagających smarowania oraz zapewnienie odpowiedniego ciśnienia tego oleju. Smarowania wymagają: łożyska główne i korbowe wału korbowego, łożyska wałka rozrządu, zestawy tłok-tuleja cylindrowa, elementy mechanizmu rozrządu i niekiedy elementy pomocniczych urządzeń silnika.

2.11.2 Systemy olejenia

W silnikach używanych do napędu pojazdów samochodowych w zasadzie są stosowane dwa systemy olejenia: w silnikach czterosuwowych — system ciśnieniowy, a w silnikach dwusuwowych — system mieszankowy.

- W systemie ciśnieniowym olej jest czerpany ze zbiornika, pompowany pod ciśnieniem do wszystkich punktów smarowania, po czym spływa z powrotem do zbiornika. W ten sposób w silnikach krąży stała ilość oleju.

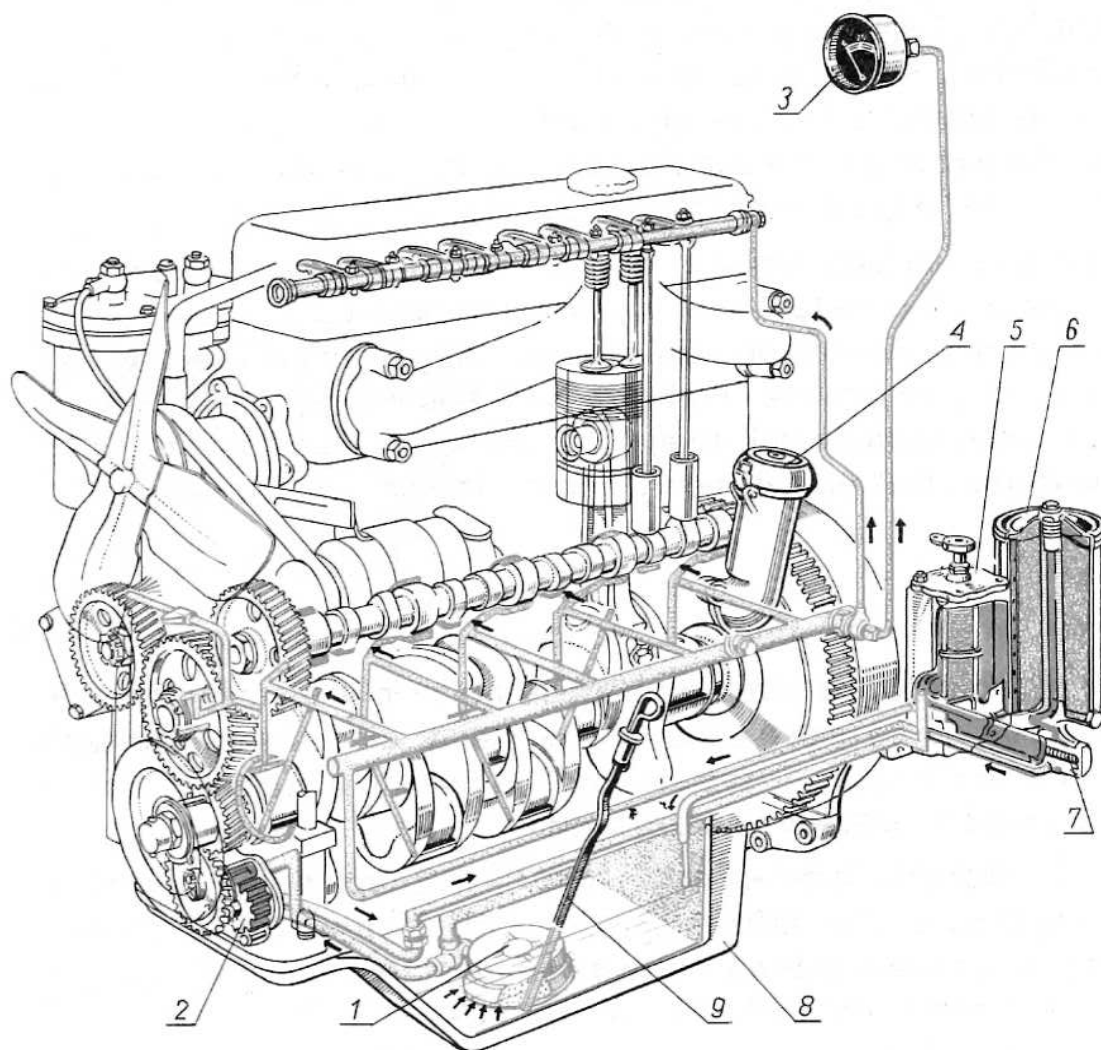
- W systemie mieszankowym olej jest rozpuszczany (w odpowiedniej proporcji) w benzynie. Stosunek ilości benzyny do ilości oleju zawiera się zwykle w granicach od 30 : 1 do 50 : 1. Tak przygotowana mieszanka benzyny z olejem przepływa w silniku dwusuwowym najpierw przez komorę korbową, smarując łożyska główne i korbowe, a następnie do cylindra — smarując gładź cylindrową. W tym systemie olej jest spalany razem z benzyną, musi więc być w sposób ciągły dostarczany do silnika z paliwem. W praktyce olej jest dolewany w odpowiedniej ilości wprost do zbiornika paliwa.

Należy wspomnieć, że w niektórych silnikach dwusuwowych olej jest doprowadzany do punktów smarowania przez ciśnieniowy układ olejenia, ale i w tym przypadku nie wraca on do zbiornika, lecz jest spalany.

2.11.3

System olejenia ciśnieniowego

Zasadniczymi elementami ciśnieniowego systemu olejenia, stosowanego w silnikach czterosuwowych, są: ● zbiornik oleju, ● pompa oleju, ● sieć kanałów rozprowadzających olej do punktów smarowania oraz ● filtry oleju (rys. 2.53).



Rys. 2.53
Układ olejenia silnika [12]

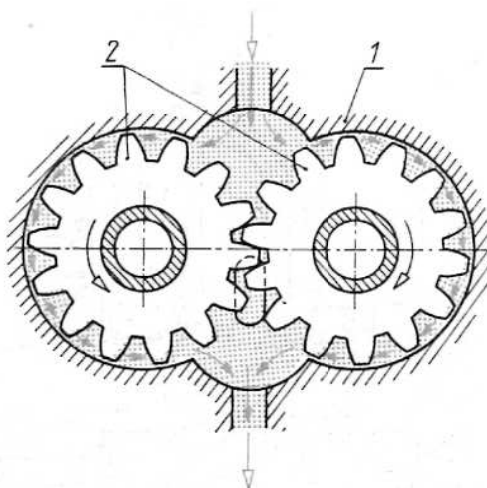
1 — wstępny filtr siatkowy, 2 — pompa oleju, 3 — manometr, 4 — wlew oleju, 5 — filtr zgrubnego oczyszczania, 6 — filtr dokładnego oczyszczania, 7 — zawór ograniczający ciśnienie, 8 — miska olejowa, 9 — wskaźnik poziomu oleju

Miska olejowa zamyka od dołu kadłub silnika. Jest ona wytłoczona z blachy stalowej lub niekiedy odlana ze stopów lekkich. Jej pojemność wynosi od $2,5 \text{ dm}^3$ w małych silnikach do kilkunastu litrów w silnikach dużej mocy.

Pompa oleju wytwarza ciśnienie niezbędne w układzie olejenia. Najpowszechniej są stosowane pompy zębate (rys. 2.54).

Pompa taka składa się z obudowy 1, w której obracają się dwa zazębione ze sobą koła zębate 2. Jedno z tych kół jest napędzane; zazwyczaj od wału rozrządu. Olej, zasysany do komory pompy, napędza przestrzeń międzyzębne obracających się kół zębatych i jest w nich przenoszony na drugą stronę, gdzie jest wytłaczany do kanału, prowadzącego do dalszych części układu

olejenia. Olej ten, znajdujący się pod ciśnieniem, siecią otworów w kadłubie silnika i wale korbowym płynie do łożysk wału korbowego. Kanały w kadłubie doprowadzają także olej do łożysk wałka rozrządu, do popychaczy zaworów oraz do głowicy. Z kolei kanały w głowicy doprowadzają olej do przewodnic zaworowych oraz do dźwigni zaworowych, skąd wycieka on swobodnie spływając z powrotem do miski olejowej. Przykrywająca głowicę szczelna pokrywa głowicy zabezpiecza przed wyciekami oleju na zewnątrz silnika.



Rys. 2.54
Zasada działania zębatej pompy oleju [7]
1 — obudowa, 2 — koła zębate

Filtry oleju. Krążący w układzie olejenia silnika olej ulega stopniowemu zanieczyszczeniu drobnymi opiłkami metalu, osadem węglowym, powstającym podczas spalania w cylindrach itp. Niezbędne jest więc oczyszczanie oleju, czyli jego filtrowanie.

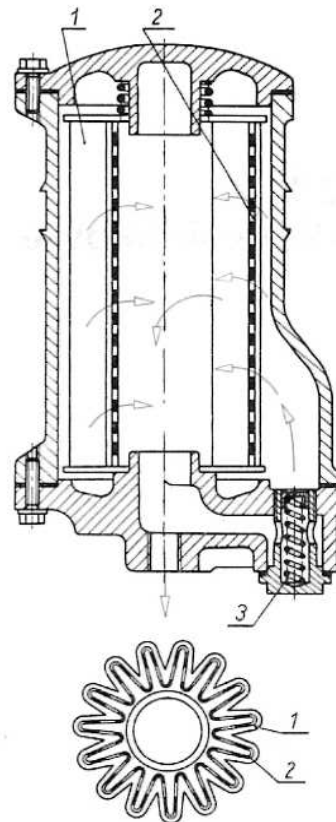
W nowoczesnych silnikach pojazdów samochodowych stosuje się filtry siatkowe, filtry z wymiennymi wkładami oraz filtry odśrodkowe.

- *Filtry siatkowe* są stosowane w miejscu zasysania oleju z miski olejowej. Taki filtr to po prostu siatka druciana, toteż może on zatrzymywać jedynie duże zanieczyszczenia. Z tego względu filtry siatkowe stosuje się wyłącznie jako filtry wstępnego oczyszczania.

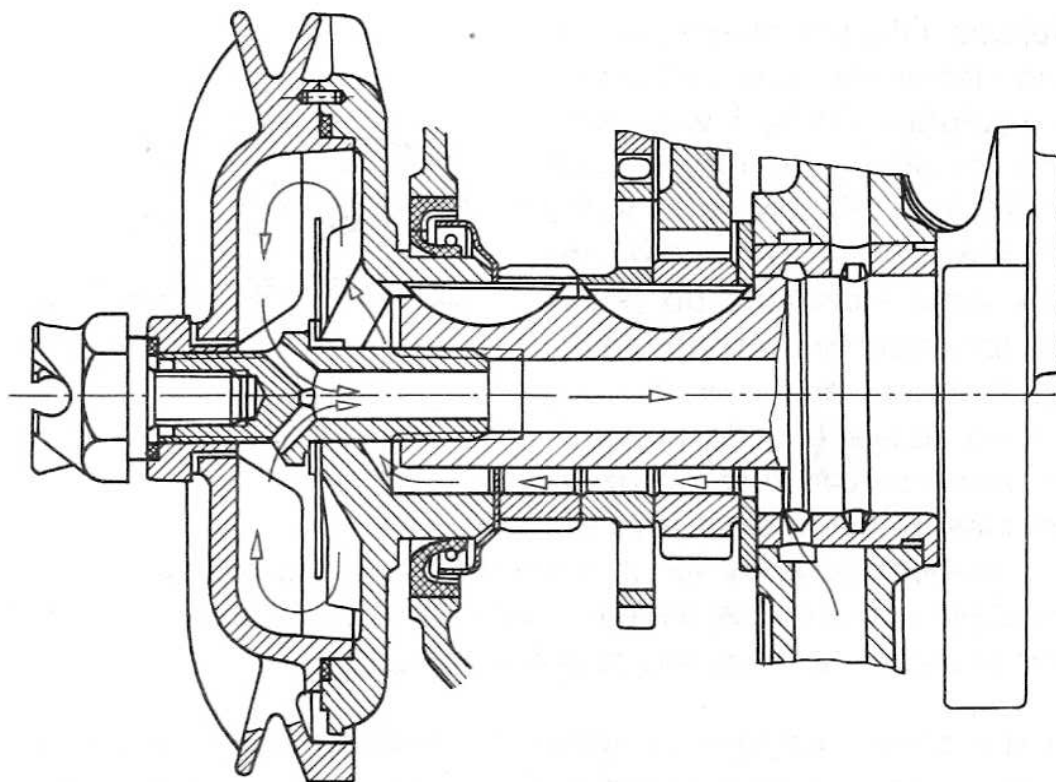
- *Filtry z wymiennymi wkładami* stosuje się jako *filtry szeregowy*, przez które przepływa cały olej tłoczony przez pompę oleju, oraz jako *filtry boczniowe*, przez które przepływa tylko niewielka część oleju podawanego przez pompę (ok.10%). Z filtrów boczniowych olej nie płynie do przewodów olejowych silnika, lecz wraca od razu do miski olejowej.

Wymienne wkłady filtrujące są wykonywane z gęstego płótna, filcu lub odpowiedniego papieru. Tak wykonane filtry szeregowy (rys. 2.55) muszą mieć odpowiednio duże wymiary, aby zdolne były przepuścić wszystek olej podawany przez pompę.

- *Filtry odśrodkowe* są filtrami szeregowymi. Przepływający przez filtr olej zostaje wprowadzony w szybki ruch wirowy, dzięki czemu cięższe od oleju cząstki zanieczyszczeń zostają odwirowane (rys. 2.56). Filtry tego typu wymagają okresowego czyszczenia.



Rys. 2.55
Filtr oleju z filcowym wkładem filtrującym [7]
1 — filc, 2 — siatka metalowa, 3 — zawór bezpieczeństwa



Rys. 2.56
Odśrodkowy filtr oleju

Niekiedy spotyka się jeszcze tzw. *szczelinowe filtry szeregowo*. Wkład filtrujący składa się tutaj ze znacznej liczby cienkich, ażurowych elementów, tworzących razem rodzaj gęstego labiryntu, który musi przebyć olej. Zanieczyszczenia oleju pozostają w zwężeniach filtru. Filtry takie są coraz częściej zastępowane filtrami z wkładami wymiennymi.

2.11.4 Oleje silnikowe

Do olejenia silników spalinowych są używane przeważnie oleje mineralne, stanowiące mieszaniny różnych węglowodorów. Ostatnio coraz częściej są także stosowane oleje syntetyczne. Olej silnikowy powinien być lepki, smarny i odporny na utlenianie oraz mieć dobre własności antykorozyjne i zmywające.

Lepkość oleju silnikowego przyjęto umownie oznaczać numerami (praktycznie od 5 do 60). Oleje oznaczane niewielkimi numerami są mniej lepkie, a więc rzadsze, nadające się do użycia w niskiej temperaturze otoczenia (zimą). Oleje zimowe oznacza stojąca za numerem litera W (np. 10W). Latem stosuje się oleje o oznaczeniach 30÷50. Oleje wielosezonowe są oznaczane numerami podwójnymi. Na przykład symbol 10W-30 oznacza olej silnikowy wielosezonowy, którego lepkość (i gęstość) odpowiada zimą olejowi 10W, a latem olejowi 30. Równie powszechnie są używane oleje silnikowe oznaczane 20W-40, a nawet 20W-50.

2.12 Układ chłodzenia

2.12.1 Zadania i systemy chłodzenia

Zadaniem układu chłodzenia jest zapewnienie silnikowi właściwej temperatury pracy oraz utrzymywanie jej na stałym poziomie, niezależnie od obciążenia silnika.

Są dwa zasadnicze systemy chłodzenia silników: ● *system chłodzenia bezpośredniego* i ● *pośredniego*. W obu przypadkach czynnikiem, do którego odprowadza się nadmiar ciepła, jest powietrze otaczające silnik. W systemie chłodzenia bezpośredniego powietrze styka się bezpośrednio z cylindrami i głowicą silnika, odbierając od nich ciepło (chłodzenie powietrzem). Natomiast w systemie chłodzenia pośredniego czynnikiem pośredniczącym w wymianie ciepła między silnikiem a powietrzem jest ciecz zawarta w układzie chłodzenia silnika.

2.12.2 Chłodzenie powietrzem

W systemie chłodzenia powietrzem cylindry i głowice silnika są bezpośrednio omywane przepływającym wokół nich powietrzem. W celu zwiększenia powierzchni wymiany ciepła zewnętrzne powierzchnie cylindrów i głowic takich silników są pokryte żebrami chłodzącymi.

Ze względu na sposób wywołania ruchu powietrza wokół cylindrów silnika rozróżniamy:

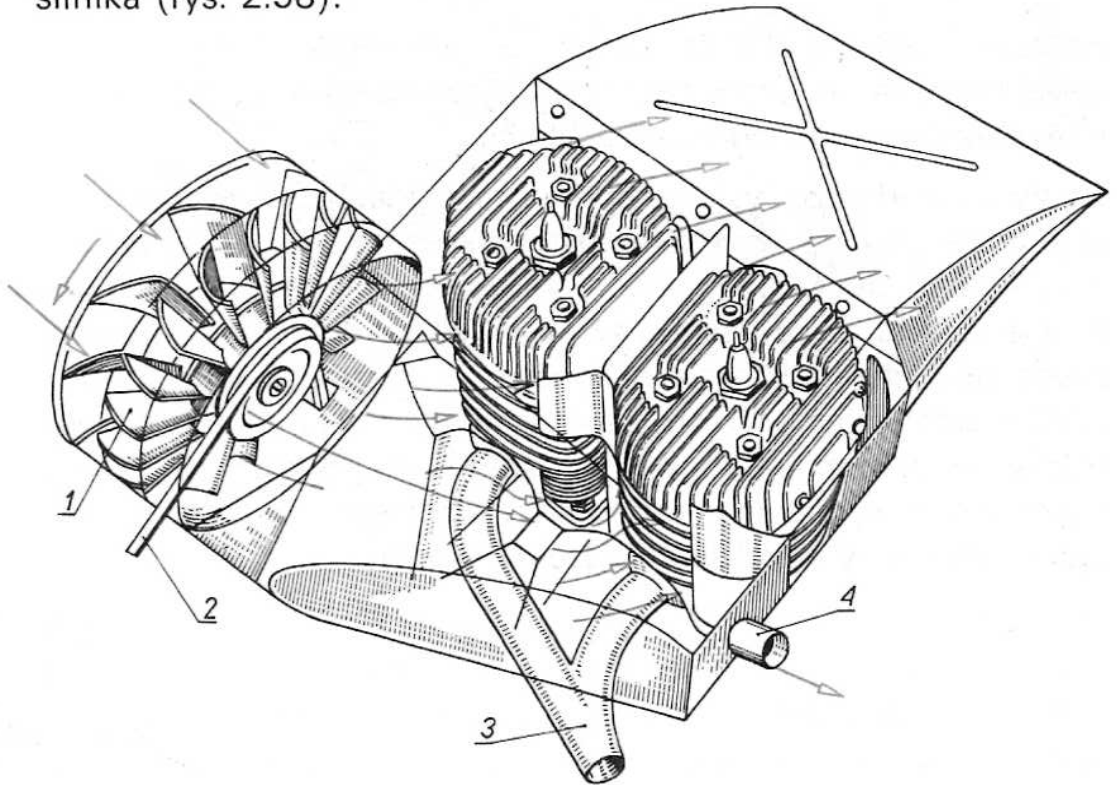
- chłodzenie samoczynne;
- chłodzenie wymuszone.

Chłodzenie samoczynne następuje wtedy, gdy silnik jest omywany strumieniem powietrza powstałym w wyniku ruchu pojazdu. Taki sposób chłodzenia jest zazwyczaj stosowany w motocyklach, gdyż brak nadwozia umożliwia swobodny przepływ powietrza wokół silnika.

Chłodzenie wymuszone następuje wówczas, gdy silnik jest omywany strumieniem powietrza tłoczonego przez dmuchawę (rys. 2.57). Dmuchawa jest napędzana od wału korbowego chłodzonego silnika (zwykle za pomocą paska klinowego).

Stosuje się dmuchawy promieniowe lub osiowe. Wirnik dmuchawy, wyposażony w odpowiednio ukształtowane łopatki, obracając się wymusza ruch strug powietrza.

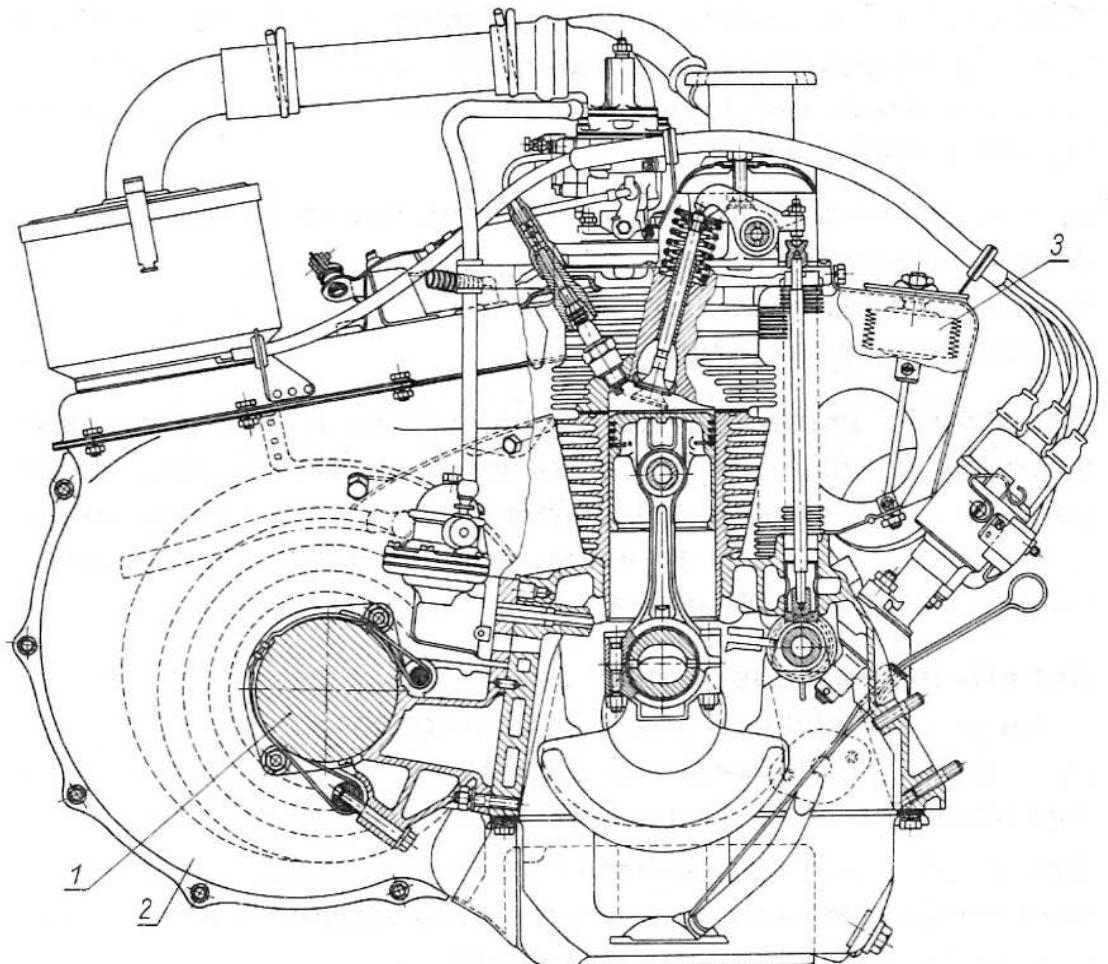
Cylindry i głowice silników, w których zastosowano chłodzenie wymuszone, są otoczone blaszanymi osłonami odpowiednio ukierunkowującymi przepływ powietrza. Zastosowanie takich osłon ogranicza rozproszenie powietrza tłoczonego przez dmuchawę oraz umożliwia skierowanie go na najgorętsze części silnika (rys. 2.58).



Rys. 2.57

Wymuszone chłodzenie silnika (Trabant) [14]

1 — wirnik dmuchawy,
2 — pasek klinowy, 3 — przewód wylotowy, 4 — króciec urządzenia ogrzewczego



Rys. 2.58

Chłodzony powietrzem silnik samochodu Polski Fiat 126p [7]

1 — wał dmuchawy odśrodkowej i prądnicy, 2 — obudowa dmuchawy, 3 — termostat regulacji nadmuchu

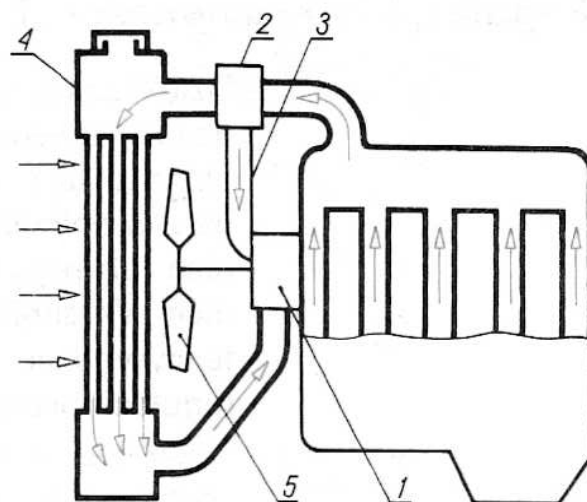
2.12.3 Chłodzenie cieczą

W silniku chłodzonym cieczą cylindry są otoczone przestrzenią, w której znajduje się ciecz chłodząca. Cieczą chłodzącą są także otoczone komory spalania w głowicy. Do silnika dopływa ciecz chłodna, która odbierając ciepło od chłodzonych elementów nagrzewa się i opuszcza silnik jako gorąca. Przed ponownym wprowadzeniem do silnika należy ją ochłodzić.

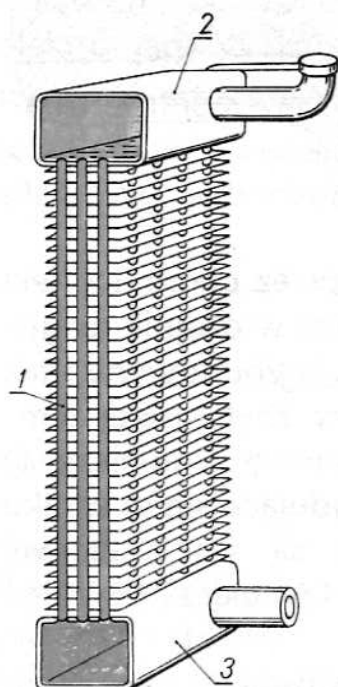
Układ chłodzenia typowego silnika chłodzonego cieczą składa się z: ● pompy cieczy 1, ● termostatu 2, ● przewodów 3, ● chłodnicy 4 i ● wentylatora 5 (rys. 2.59).

Opuszczająca silnik ciecz chłodząca płynie do chłodnicy, gdzie oddaje ciepło drugiemu czynnikowi chłodzącemu, którym jest powietrze.

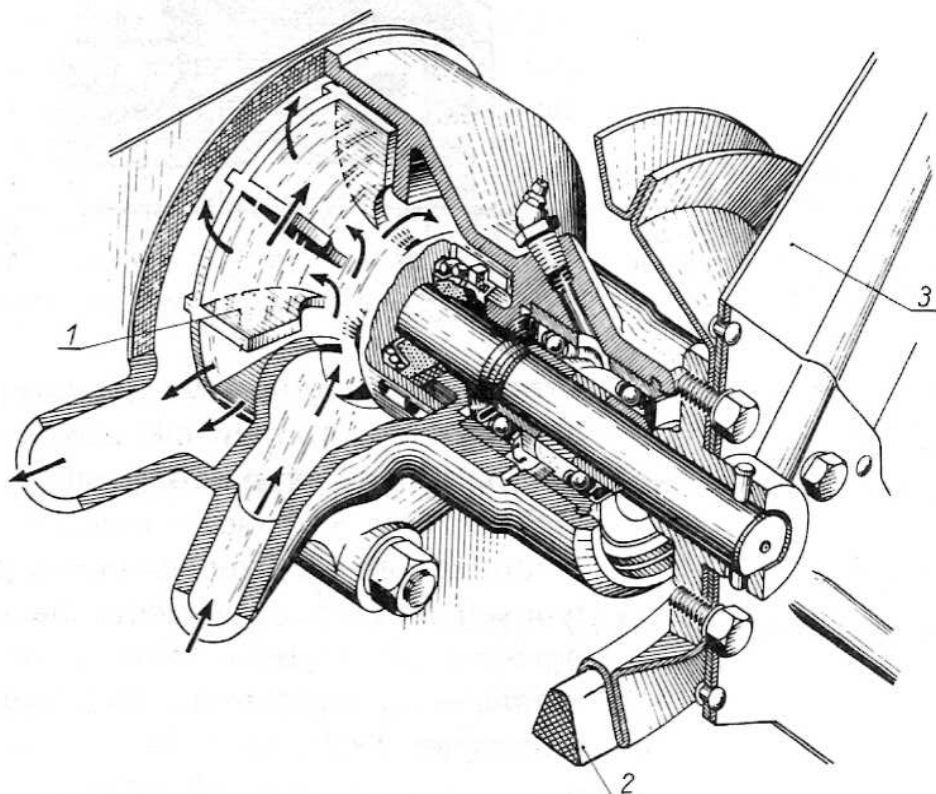
Chłodnica (rys. 2.60) składa się z dwóch zbiorników 2 i 3 oraz wielu pionowych rurek 1 łączących te zbiorniki. Ciecz chłodząca przepływa rurkami ze zbiornika górnego do zbiornika dolnego, natomiast powietrze przepływa pomiędzy tymi rurkami w kierunku prostopadłym do nich. Zwykle chłodnicę umieszcza się w pojeździe w taki sposób, żeby przepływ przez nią powietrza był wywołany ruchem pojazdu.



Rys. 2.59
Schemat obiegu cieczy chłodzącej w silniku [7]
1 — pompa, 2 — termostat, 3 — przewody, 4 — chłodnica, 5 — wentylator



Rys. 2.60
Chłodnica cieczy [2]
1 — rurki, 2 i 3 — zbiorniki

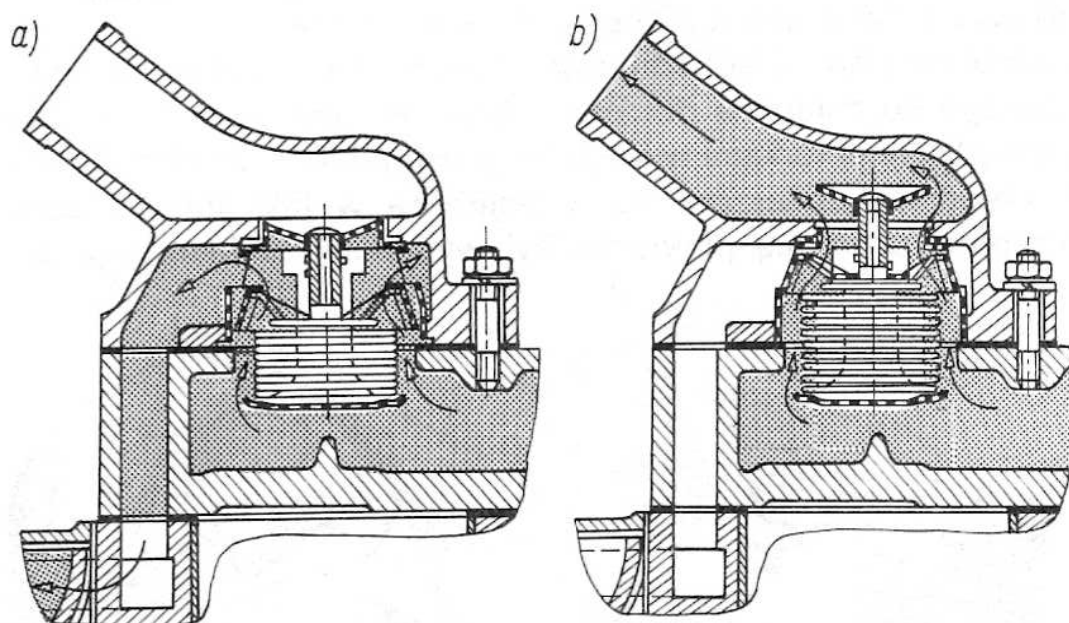


Rys. 2.61
Pompa cieczy z wentylatorem [4]
1 — wirnik pompy, 2 — pasek klinowy, 3 — wentylator

Krążenie cieczy chłodzącej w układzie silnik–chłodnica wymusza pompa cieczy. Z reguły jest to pompa odśrodkowa, w której wirnik z odpowiednimi łopatkami wymusza ruch cieczy. Wirnik jest najczęściej napędzany od wału korbowego silnika za pośrednictwem paska klinowego (rys. 2.61).

2.12.4 Regulacja intensywności chłodzenia

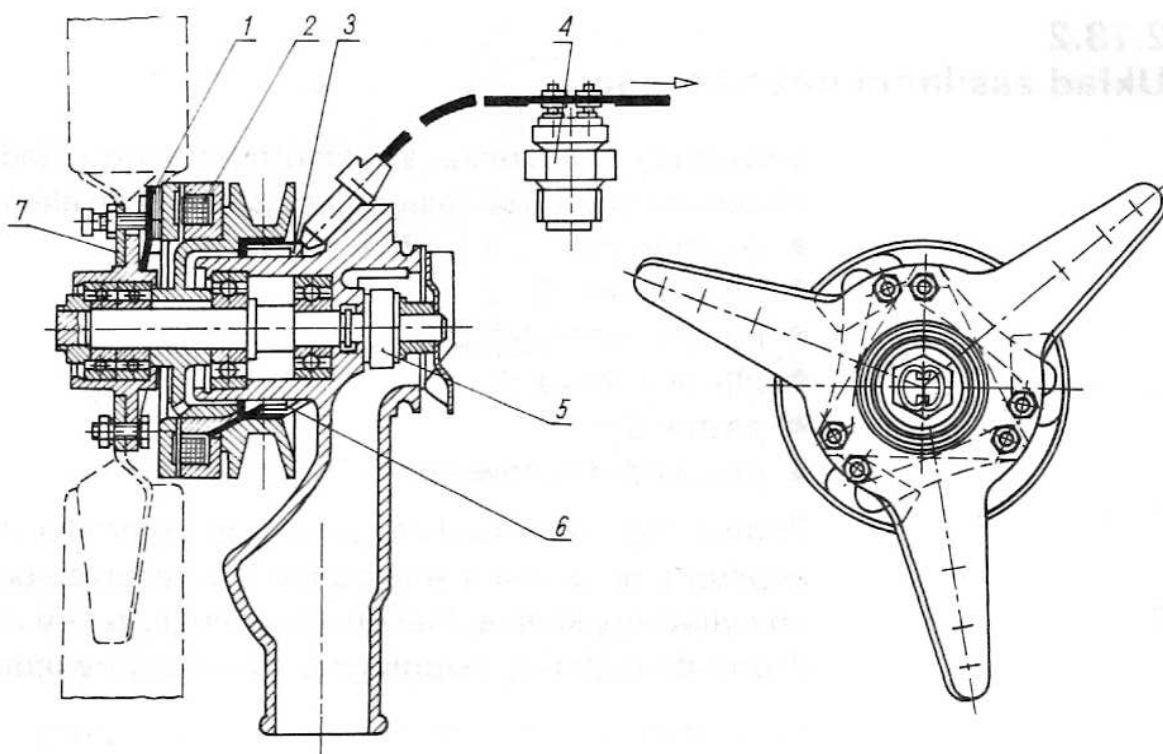
Dzięki zastosowaniu samoczynnej regulacji intensywność chłodzenia zmienia się zależnie od warunków pracy silnika (jego obciążenia i temperatury otoczenia). Intensywność chłodzenia można zmieniać regulując ilość cieczy przepływającej przez chłodnicę lub regulując natężenie przepływu powietrza przez chłodnicę. W silnikach chłodzonych powietrzem dostosowanie intensywności chłodzenia do warunków chwilowych polega na regulacji przepływu powietrza wokół cylindrów.



Rys. 2.62
Zasada działania termostatu: a) zawór zamknięty, b) zawór otwarty [1]

Urządzeniem regulującym przepływ cieczy przez chłodnicę jest *termostat*. Jest to niewielki zawór wyposażony w czujnik reagujący na zmiany temperatury cieczy. Jest on tak zbudowany i tak umieszczony w układzie chłodzenia, że przy zbyt niskiej temperaturze zamyka przepływ cieczy przez chłodnicę. Zmniejsza się tym samym chłodzenie cieczy i jej część znajdująca się w silniku ogrzewa się szybciej. Gdy silnik nagrzej się do właściwej temperatury, zawór termostatu otwiera przepływ cieczy do chłodnicy (rys. 2.62).

Termostaty (o innej konstrukcji) stosuje się także w silnikach chłodzonych powietrzem. Sterują one przysłonami dławiącymi przepływ powietrza w czasie, gdy silnik jest zbyt zimny.



Rys. 2.63

Wentylator ze sprzęgłem elektromagnetycznym [1]

1 — tarcze sprzęgła, 2 — elektromagnes, 3 — szczotka węglowa, 4 — termostat, 5 — pierścień węglowy, 6 — pierścień zbierający, 7 — wentylator

Urządzeniem pomocniczym w układzie chłodzenia jest *wentylator*. Jest on umieszczony tuż za chłodnicą i może być osadzony na osi pompy cieczy (rys. 2.61). W takim rozwiązaniu wirnik 1 pompy i wentylator 3 mają wspólny napęd.

Wentylator zwiększa przepływ powietrza przez chłodnicę. Jego działanie jest potrzebne głównie podczas postoju pojazdu, toteż sprzęganie go na stałe z pompą cieczy nie jest celowe. I chociaż w niektórych samochodach istnieją jeszcze takie rozwiązania, w większości nowoczesnych konstrukcji wentylator jest napędzany bądź oddzielnym silnikiem elektrycznym, bądź może być odłączany od osi pompy cieczy dzięki zastosowaniu sprzęgła elektromagnetycznego (rys. 2.63).

Rozwiązanie z wentylatorem napędzanym osobnym silnikiem ma tę zaletę, że uniezależnia umiejscowienie chłodnicy w komorze silnikowej samochodu od położenia samego silnika.

2.13

Układy zasilania silników o zapłonie iskrowym

2.13.1

Zadania i rodzaje układów zasilania

Zadaniem układu zasilania jest dostarczenie do cylindrów silnika mieszanki paliwa z powietrzem o takim składzie, który jest najbardziej odpowiedni w danych warunkach pracy silnika.

W silnikach o zapłonie iskrowym są stosowane dwa zasadnicze rodzaje układów zasilania: ● gaźnikowe i ● wtryskowe.

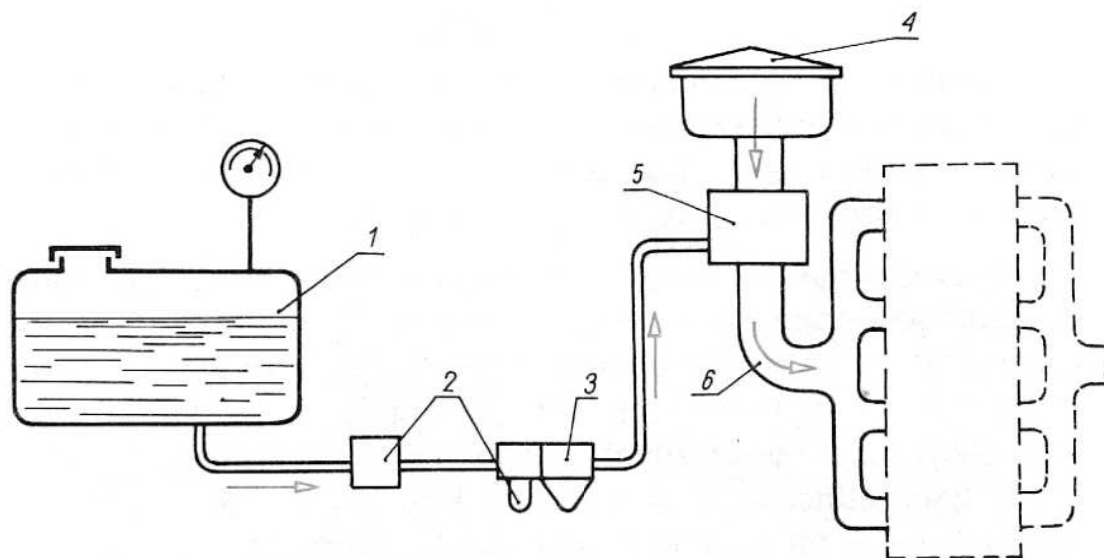
2.13.2

Układ zasilania gaźnikowego

Elementy składowe. W skład typowego układu zasilania gaźnikowego wchodzi następujące zasadnicze elementy (rys. 2.64):

- zbiornik paliwa 1 wraz z przewodami;
- filtry paliwa 2;
- pompa zasilająca 3;
- filtr powietrza 4;
- gaźnik 5;
- przewód dolotowy 6.

Pompa zasilająca podaje paliwo ze zbiornika do gaźnika. Wytworzona w gaźniku mieszanka płynie przewodem dolotowym do cylindrów silnika. Paliwo i powietrze, zanim zostaną wprowadzone do gaźnika, przepływają przez odpowiednie filtry.



Rys. 2.64

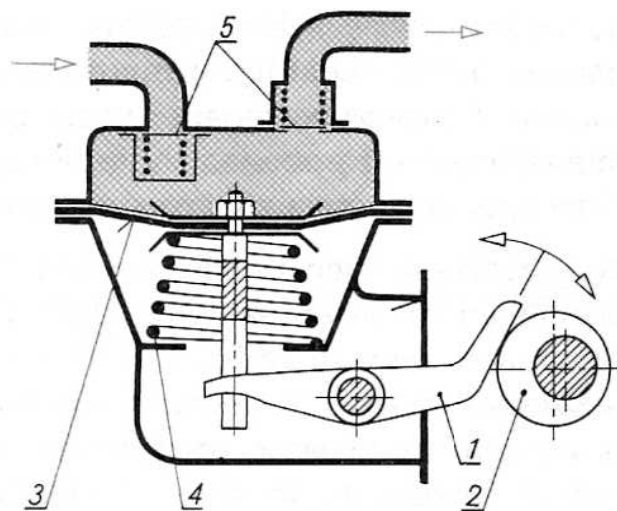
Schemat układu zasilania silnika o zapłonie iskrowym [7]

1 — zbiornik paliwa, 2 — filtry paliwa, 3 — pompa, 4 — filtr powietrza, 5 — gaźnik, 6 — przewód dolotowy

Doprowadzanie paliwa i powietrza. W samochodach gaźnik jest zwykle umieszczony wyżej niż zbiornik. Stąd konieczność stosowania pompy podającej paliwo ze zbiornika do gaźnika. W nielicznych samochodach oraz we wszystkich motocyklach zbiornik paliwa jest usytuowany ponad gaźnikiem. W takich przypadkach pompa paliwa jest zbędna.

Powszechnie stosuje się pompy zasilające napędzane mechanicznie. Są to z reguły pompy przeponowe, w których ruch przepony zazwyczaj jest wymuszony przez mimośród umieszczony na wałku rozrządu. Ruch przepony ku dołowi powoduje zasysanie do pompy paliwa przez zawór ssawny, natomiast ruch przepony ku górze — wytłaczanie zassanego paliwa przez zawór tłoczny do gaźnika.

- *Pompę zasilającą* przedstawia rys. 2.65. Dźwignia 1, naciskana przez mimośród 2 wałka rozrządu, porusza przeponę 3 napiętą sprężyną 4. Zawory 5 zapewniają właściwy przepływ pali-



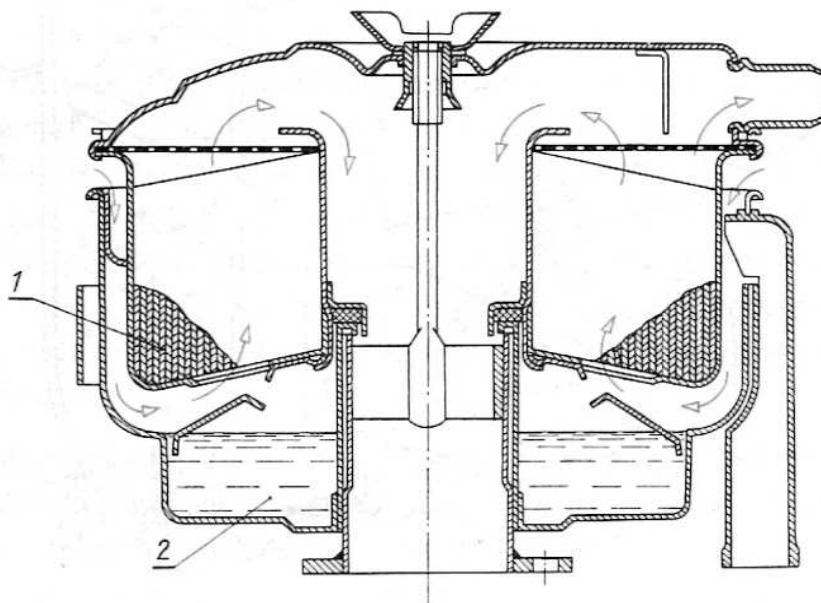
Rys. 2.65
Schemat przeponowej
pompy paliwa [16]
1 — dźwignia, 2 — mi-
mośród, 3 — przepona,
4 — sprężyna, 5 — zawory

wa podczas pompowania. Pompa jest przykręcona do kadłuba silnika. Oprócz omówionych pomp z napędem mechanicznym niekiedy stosuje się także pompy z napędem elektrycznym.

- *Filtry paliwa*, przez które paliwo przepływa w drodze ze zbiornika do gaźnika, usuwają z paliwa zanieczyszczenia. W filtrze paliwo przepływa przez siatkę o niewielkich oczkach stanowiącą element wstępnego oczyszczania. Dolną część filtra stanowi zazwyczaj odстойnik, w którym gromadzi się zawarta w paliwie (i cięższa od niego) woda oraz drobne zanieczyszczenia mechaniczne, które przedostały się przez element wstępnego filtrowania.

- *Filtry powietrza*, usytuowane zawsze na wlocie do gaźnika, usuwają z zasysanego do silnika powietrza wszelkie zanieczyszczenia, a szczególnie pył. Jest to bardzo istotne, gdyż przedostający się do cylindrów pył przyspiesza proces zużywania się zestawu tłoki–gładzie cylindrowe.

Najczęściej są stosowane filtry z wymiennymi wkładami filtrującymi, na których osiadają zanieczyszczenia powietrza. Wkła-



Rys. 2.66
Filtr powietrza z wkła-
dem filtrującym i kąpie-
lą olejową (ZiŁ-130)
[7]
1 — wkład filtrujący, 2 —
olej

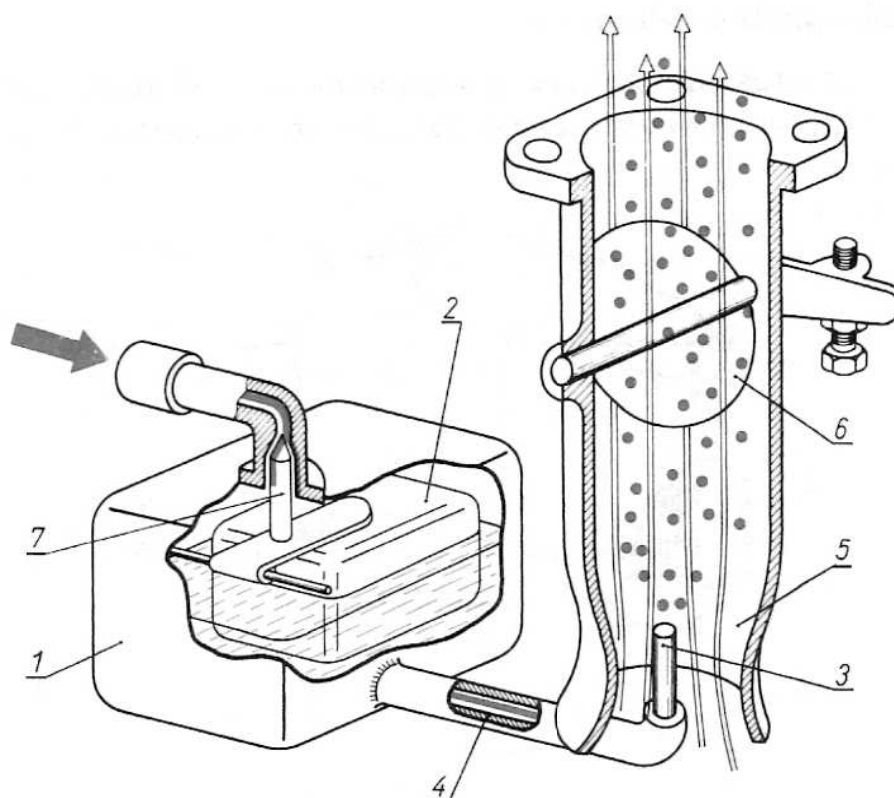
dy wykonuje się z filcu, płótna, siatki metalowej, specjalnego papieru itd. Materiał filtrujący utrudnia przepływ powietrza. Aby zapewnić przepływ żądanej ilości powietrza, wkłady filtrujące muszą mieć dużą powierzchnię filtrującą, co z kolei sprawia, że filtry powietrza mają znaczne wymiary.

W dużych silnikach stosuje się filtry, których działanie polega na odpowiednim ukierunkowaniu ruchu powietrza wewnątrz filtru. Na skutek nagłych zmian kierunku ruchu powietrza cięższe od powietrza cząstki zanieczyszczeń zostają wytrącone ze strugi powietrza i opadają do specjalnego zbiornika. Niekiedy w takich filtrach stosuje się dodatkowo wkłady filtrujące (rys. 2.66).

Gaźnik elementarny. Najprostszym urządzeniem, które umożliwia wytwarzanie mieszanki jest tak zwany gaźnik elementarny (rys. 2.67). Składa się on z komory płwakowej 1, rozpylacza 3 i gardzieli 5.

- *Komora płwakowa* służy do utrzymywania stałego poziomu paliwa w gaźniku. Do jej górnej części, przewodem zamykanym iglicą 7, jest doprowadzane paliwo, podawane pod niewielkim ciśnieniem przez pompę zasilającą. Gdy poziom paliwa w komorze wzrasta, płwak 2 unosi iglicę 7, która zamyka dalszy dopływ paliwa.

- *Rozpylacz* 3 jest połączony z komorą płwakową. Poziom paliwa w rozpylaczu jest taki sam jak w komorze płwakowej. Ssące oddziaływanie tłoków cylindra sprawia, że powietrze wpływa do przewodu gaźnika, w którym znajduje się gardziel 5.



Rys. 2.67

Schemat gaźnika elementarnego

1 — komora płwakowa, 2 — płwak, 3 — rozpylacz, 4 — dysza, 5 — gardziel, 6 — przepustnica, 7 — iglica

- *Gardziel*, dzięki specjalnemu ukształtowaniu, zwiększa prędkość przepływu powietrza, co sprawia, że ciśnienie u wylotu rozpylacza jest nieco mniejsze niż w komorze pływakowej. Paliwo powoli wypływa z rozpylacza i, porywane przez powietrze szybko płynące gardzielą, zostaje rozpylone na drobne cząstki. Cząstki te mieszają się dokładnie z powietrzem i częściowo odparowują podczas dalszego przepływu w przewodach dolotowych między gaźnikiem a cylindrem silnika.

Ilość wypływającego z rozpylacza paliwa jest ograniczona przez dyszę 4, znajdującą się między komorą pływakową a rozpylaczem. Natomiast ilość mieszanki dopływającej do cylindrów, a zatem i moc silnika, jest regulowana położeniem przepustnicy 6. Naciskając w samochodzie pedał przyspiesznika (czyli tak zwany pedał „gazu”) uchyla się przepustnicę, zwiększając dopływ mieszanki do cylindrów, a zarazem zwiększając moc silnika. Przyknięcie przepustnicy powoduje zmniejszenie mocy silnika.

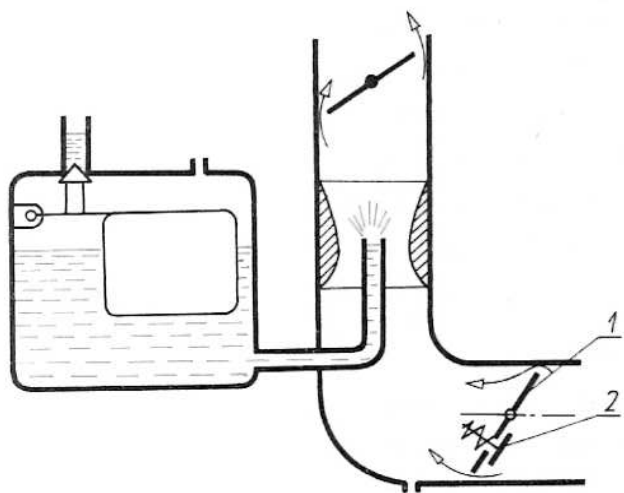
Jakkolwiek gaźnik elementarny wytwarza mieszankę paliwa z powietrzem, a także umożliwia regulowanie jej ilości, nie zapewnia jednak otrzymania właściwej proporcji powietrza do paliwa w całym zakresie prędkości obrotowej silnika. Gaźnik taki podaje zbyt mało paliwa przy niewielkim otwarciu przepustnicy, natomiast zbyt dużo — przy pełnym jej otwarciu.

W celu poprawienia tej niekorzystnej charakterystyki gaźnika elementarnego stosuje się kilka pomocniczych urządzeń, korygujących skład mieszanki stosownie do obciążenia silnika.

Gaźniki samochodowe. W celu zapewnienia prawidłowego składu mieszanki w różnych warunkach pracy silnika zazwyczaj niezbędne są następujące urządzenia korygujące: ● urządzenia rozruchowe, ● urządzenia biegu jałowego, ● urządzenia kompensacyjne, ● urządzenia wzbogacające oraz ● pompa przyspieszająca.

- *Urządzenia rozruchowe.* Podczas rozruchu zimnego silnika tylko niewielka część zawartego w mieszance paliwa ciekłego zdąży odparować. Reszta paliwa pozostaje skroplona na zimnych częściach silnika. W takim przypadku mieszanka jest bardzo uboga. Ponadto podczas rozruchu zimnego silnika prędkość obrotowa wału korbowego jest niewielka, a tym samym niewielkie jest także podciśnienie w gardzieli. Z rozpylacza wypływa zatem zbyt mało paliwa.

Zadaniem urządzenia rozruchowego jest stosowne, znaczne wzbogacenie mieszanki. W okresie rozruchu gaźnik powinien wytwarzać mieszankę blisko dziesięciokrotnie bogatszą niż podczas pracy silnika przy średnim obciążeniu.



Rys. 2.68

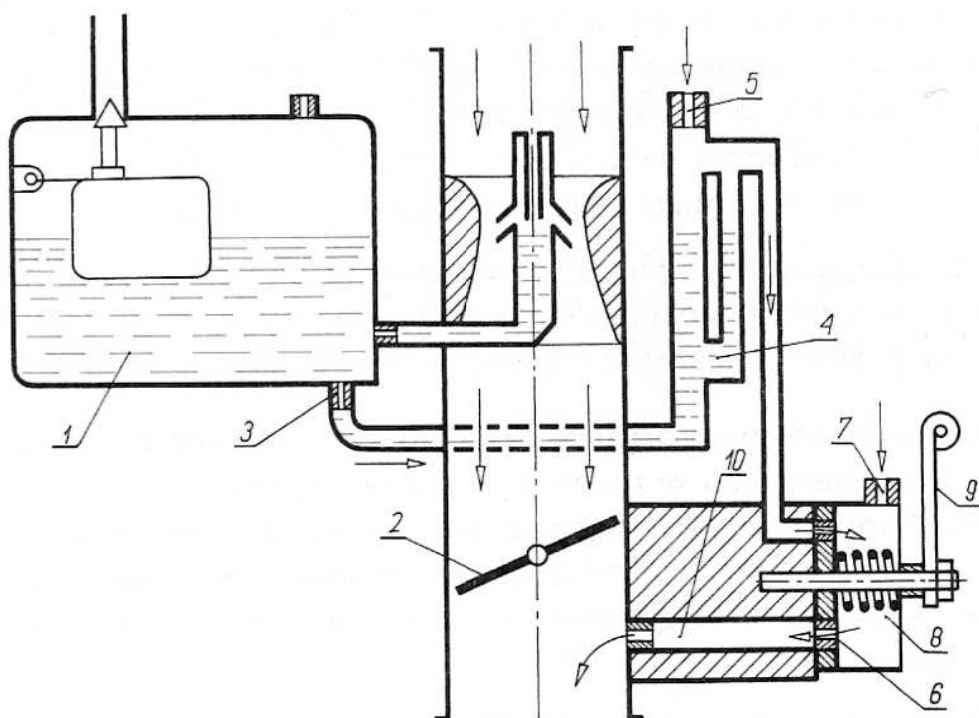
Schemat gaźnika z przepustnicą rozruchową [7]

1 — przepustnica rozruchowa, 2 — zawór

Najprostszym, ale powszechnie stosowanym urządzeniem rozruchowym jest *zasysacz*, stanowiący dodatkową przepustnicę rozruchową 1, usytuowaną przy wlocie powietrza do gaźnika (rys. 2.68). Przymknięcie tej przepustnicy prawie całkowicie odcina dopływ powietrza do gardzieli, w której powstaje wtedy znaczne podciśnienie. Podciśnienie to powoduje intensywny wypływ paliwa z rozpylacza, czyli wzbogacenie mieszanki.

Zawór 2, umieszczony w przepustnicy rozruchowej, w okresie rozruchu pozostaje zamknięty.

Gdy silnik zaczyna pracować, spadek różnicy ciśnień po obu stronach przepustnicy rozruchowej powoduje ściśnięcie sprężyny i otwarcie zaworu, co zapobiega nadmiernemu wzbogaceniu mieszanki.



Rys. 2.69

Schemat gaźnika połączonego z gaźnikiem rozruchowym [7]

1 — komora pływająca, 2 — przepustnica, 3, 5, 7 — dysze, 4 — studzienka, 6 — płytka, 8 — komora, 9 — dźwignia, 10 — kanał

Wiele nowoczesnych gaźników jest wyposażonych w specjalne urządzenia rozruchowe, stanowiące niejako odrębny gaźnik pomocniczy, scalony z gaźnikiem głównym. Schemat takiego gaźnika przedstawia rys. 2.69.

Przestawienie przez kierowcę dźwigni 9 w położenie rozruchowe powoduje obrócenie płytki 6 w takie położenie, przy którym następuje połączenie studzienki paliwowej 4 z kanałem 10, wprowadzającym mieszankę do przewodu dolotowego. Kanał 10 jest usytuowany poza przepustnicą 2 gaźnika, w kierunku wlotu do cylindrów silnika. Podciśnienie panujące za zamkniętą przepustnicą sprawia, że paliwo jest wysysane ze studzienki 4.

Paliwo to wraz z powietrzem doprowadzanym dyszami 7 i 5 tworzy w komorze 8 bogatą mieszankę, wsysaną do przewodu dolotowego. Po chwili paliwo w studzience 4 zostaje wyczerpane, a dalszy jego dopływ z komory pływakowej 1 ogranicza dysza 3. Tak więc w chwili rozruchu paliwo wypływa ze studzienki 4 bez ograniczeń, co zapewnia bogatą mieszankę rozruchową. Natomiast w chwilę po rozruchu, gdy silnik jest wciąż jeszcze zimny i wymaga wzbogaconej mieszanki, właściwy skład mieszanki można zapewnić odpowiednio dobierając średnicę otworu dyszy 3. W miarę wzrostu prędkości obrotowej silnika mieszanka staje się coraz uboższa, gdyż jej wypływ z komory pływakowej jest dławiony przez dyszę 3.

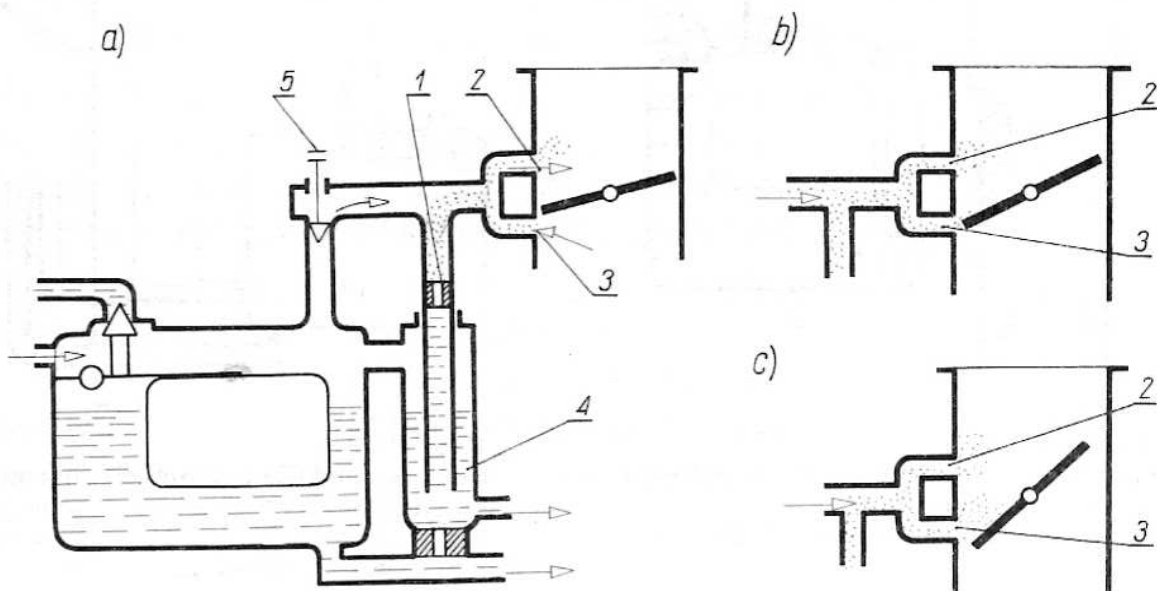
W wielu przypadkach zarówno zasysacze, jak i gaźniki rozruchowe działają samoczynnie i są sterowane przez termostaty. Termostat ustawia przepustnicę rozruchową lub płytkę zaworu gaźnika rozruchowego odpowiednio do stanu cieplnego silnika.

● *Urządzenia biegu jałowego.* Gdy silnik pracuje bez obciążenia, czyli podczas jałowego biegu silnika, przepustnica gaźnika pozostaje zamknięta. Prędkość wypływu powietrza z gardzieli jest wtedy zbyt mała, aby spowodować wypływ z rozpylacza wystarczającej ilości paliwa. Mieszanka staje się zbyt uboga. Dlatego w gaźniku jest potrzebne urządzenie polepszające warunki tworzenia mieszanki podczas jałowego biegu silnika.

Schemat gaźnika z urządzeniem biegu jałowego przedstawia rys. 2.70. Dwa dodatkowe rozpylacze 2 i 3 biegu jałowego są tak umieszczone, aby przepustnica w położeniu zamkniętym znajdowała się między nimi. Rozpylacze te są zasilane paliwem płynącym ze studzienki 4 przez dyszę 1 oraz powietrzem doprowadzonym przez regulowany zawór iglicowy 5.

Przy zamkniętej przepustnicy rozpylacz główny praktycznie nie podaje paliwa. Ponad przepustnicą, przy wylocie z rozpylacza 2,

Rys. 2.70
Schemat urządzenia biegu jałowego [7]
1 — dysza, 2, 3 — rozpylacze biegu jałowego, 4 — studzienka, 5 — zawór iglicowy



panuje znaczne podciśnienie, zmniejszane przepływem dodatkowego powietrza doprowadzanego kanałem 3 (rys. 2.70a).

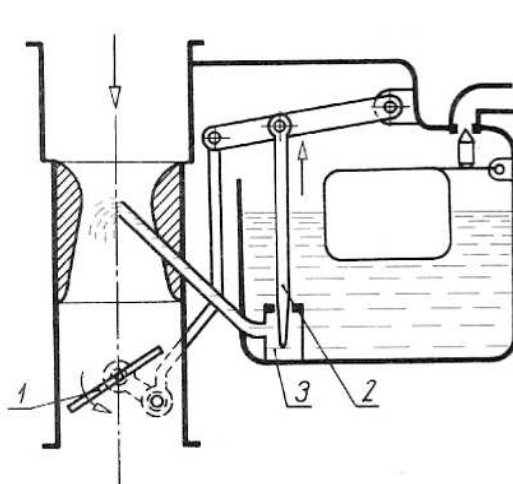
Przy niewielkim otwarciu przepustnicy (rys. 2.70b) jej krawędź przysłania otwór 3, zwiększając podciśnienie nad dyszą 1, czyli zwiększając ilość wypływającego paliwa. Dalsze otwarcie przepustnicy (rys. 2.70c) odsłania obydwa rozpylacze 2 i 3, których wyloty znajdują się teraz nad przepustnicą; obydwa więc dostarczają do silnika paliwo.

Odpowiednie usytuowanie rozpylaczy 2 i 3, właściwy dobór dyszy 1 oraz stosowna regulacja składu mieszanki iglicą powietrza 5 sprawiają, że na biegu jałowym silnik może pracować równomiernie i ekonomicznie. Urządzenie biegu jałowego poprawia także pracę silnika podczas zwiększania jego prędkości obrotowej.

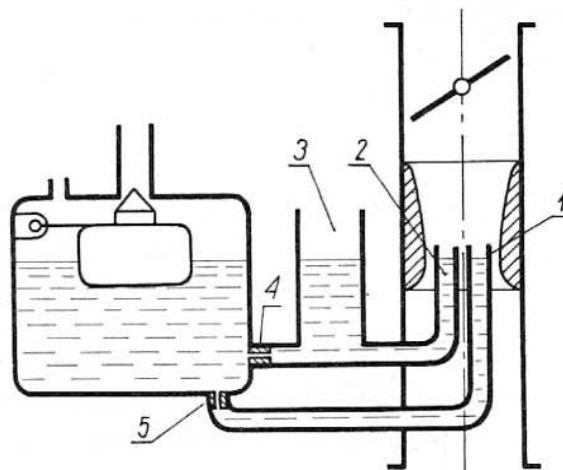
● *Urządzenia kompensacyjne* zapewniają utrzymanie żądanego składu mieszanki przy różnych obciążeniach (otwarcjach przepustnicy) i różnej prędkości obrotowej silnika.

Najprostszy sposób kompensacji stanowi *przysłanianie* lub *odsłanianie otworu dyszy paliwa iglicą*, sterowaną najczęściej mechanicznie, a niekiedy — pneumatycznie. Schemat takiego urządzenia z mechanicznym sterowaniem iglicą pokazano na rys. 2.71. W miarę uchyłania przepustnicy 1 związana z nią iglica 2 zwiększa przekrój wypływu paliwa ze studzienki 3. Skuteczność kompensacji zależy tutaj od kształtu zbieżnej części iglicy.

Bardziej skomplikowane jest *urządzenie kompensacyjne z dodatkowym rozpylaczem* (rys. 2.72). Urządzenie dozujące paliwo ma dwa rozpylacze: główny 1 i pomocniczy 2, zwany kompensacyjnym. Rozpylacz główny jest połączony wprost z komorą pływa-

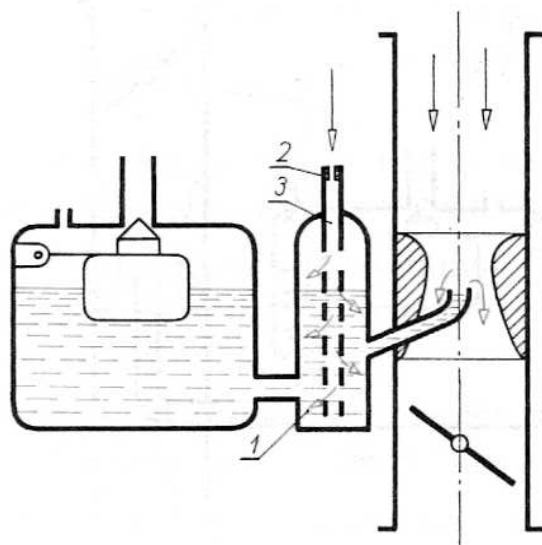


Rys. 2.71
Schemat mechanicznego urządzenia kompensacyjnego [7]
1 — przepustnica, 2 — iglica, 3 — studzienka



Rys. 2.72
Schemat gaźnika z dodatkowym rozpylaczem kompensacyjnym składu mieszanki [7]
1 — rozpylacz główny, 2 — rozpylacz dodatkowy,
3 — studzienka wyrównawcza, 4, 5 — dysze

Innym, powszechnie stosowanym, urządzeniem kompensacyjnym jest *urządzenie z powietrznym hamowaniem wypływu paliwa* (rys. 2.73). Różni się ono od urządzeń z dodatkowym



Rys. 2.73
Schemat gaźnika z powietrznym hamowaniem wypływu paliwa [7]
1 — studzienka, 2 — dysza, 3 — rurka

- **Urządzenia wzbogacające.** Główny układ dozujący nie może zapewnić jednocześnie ekonomicznej pracy silnika przy niewielkich obciążeniach oraz niezbędnego wzbogacenia mieszanki przy dużym obciążeniu. Konieczne jest więc zastosowanie urządzenia wzbogacającego mieszankę przy pełnym otwarciu przepustnicy oraz utrzymywanie ekonomicznego składu mieszanki przy częściowym otwarciu przepustnicy.

Schematy dwóch różnych urządzeń wzbogacających przedstawia rys. 2.74. W obu tych urządzeniach zasadniczym elementem jest zawór 1, zazwyczaj sprzężony mechanicznie z przepustnicą gaźnika. Sprzężenie to powoduje otwarcie zaworu przy pełnym otwarciu przepustnicy.

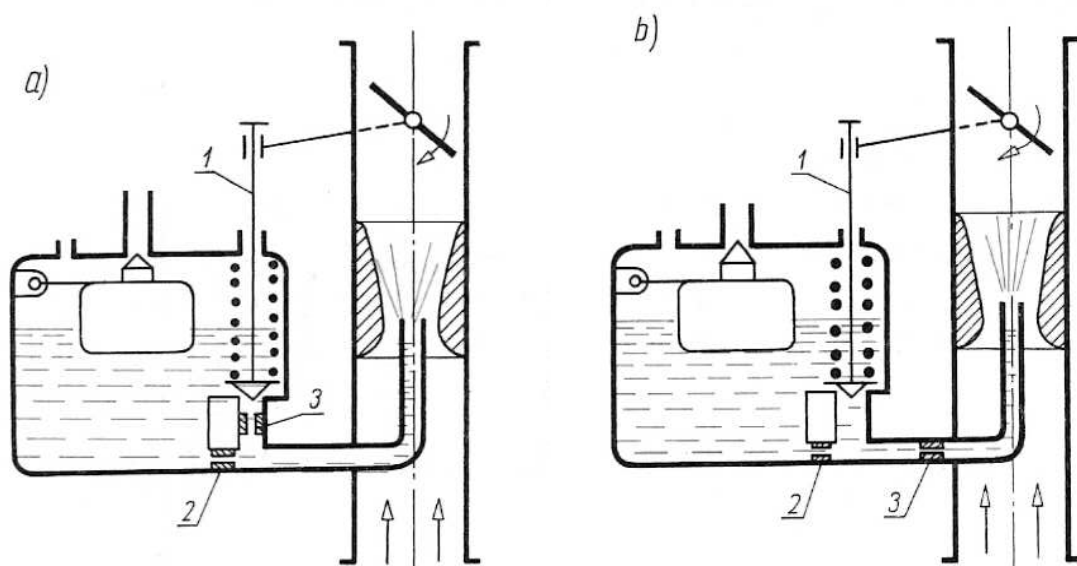
Elementami pomocniczymi urządzenia są dwie dysze 2 i 3, tworzące układ równoległy lub szeregowy. W przypadku dysz działających równoległe (rys. 2.74a) przy niepełnym obciążeniu paliwo dozuje jedynie dysza 2. Przy pełnym otwarciu przepustnicy paliwo podaje także dysza 3.

W przypadku dysz działających szeregowo (rys. 2.74b) przy niepełnym obciążeniu paliwo dozuje dysza 2, nieco mniejsza od dyszy 3. Przy pełnym otwarciu przepustnicy i uniesieniu zaworu 1

Rys. 2.74

Schemat gaźnika z urządzeniem wzbogacającym: a) z dyszami umieszczonymi równoległe, b) z dyszami umieszczonymi szeregowo [7]

1 — zawór, 2, 3 — dysze

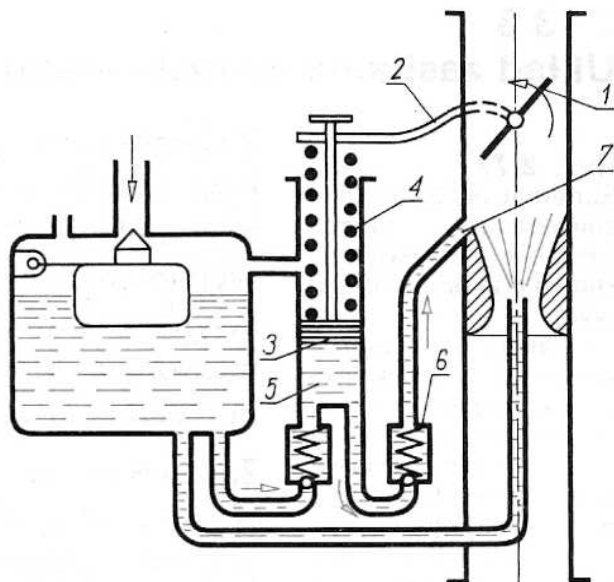


paliwo dozuje dysza 3. Średnica tej dyszy zapewnia dopływ paliwa do rozpylacza w ilości wystarczającej do utworzenia dostatecznie bogatej mieszanki.

● *Pompa przyspieszająca.* W chwili nagłego otwarcia przepustnicy gaźnika, tzn. w chwili nagłego wciśnięcia pedału przyspiesznika, przepływ powietrza w gardzieli gaźnika wzmacnia się znacznie szybciej niż wypływ paliwa z rozpylacza. Mieszanka staje się chwilowo bardzo uboga, podczas gdy ze względu na zwiększone obciążenie silnika jest potrzebna mieszanka wzbogacona. Zadanie chwilowego wzbogacenia mieszanki przy nagłym otwarciu przepustnicy spełnia pompa przyspieszająca.

W większości gaźników pompa przyspieszająca jest sterowana mechanicznie, a znacznie rzadziej — pneumatycznie. Schemat pompy przyspieszającej sterowanej mechanicznie przedstawia rys. 2.75. Jest to zwykła wyporowa pompa tłokowa wbudowana

w gaźnik. Tłoczek 3 pompy jest sprzężony z przepustnicą 1 za pomocą dźwigni 2 i sprężyny 4. Przy nagłym otwarciu przepustnicy tłoczek poruszając się ku dołowi wtryskuje (przez zawór tłoczny 6 i rozpylacz przyspieszający 7) jednorazową dawkę paliwa do gardzieli gaźnika. Luz między tłoczkiem a cylindrem pompy sprawia, że tylko przy szybkim ruchu tłoczka ciśnienie wytworzone w komorze 5 pokona opór sprężyny zaworu 6 i wtrysnie dawkę paliwa. Gdy ruch tłoczka będzie powolny, paliwo z komory 5 przedostanie się przez luz obwodowy nad tłoczek i zawór 6 nie zostanie otwarty.



Rys. 2.75

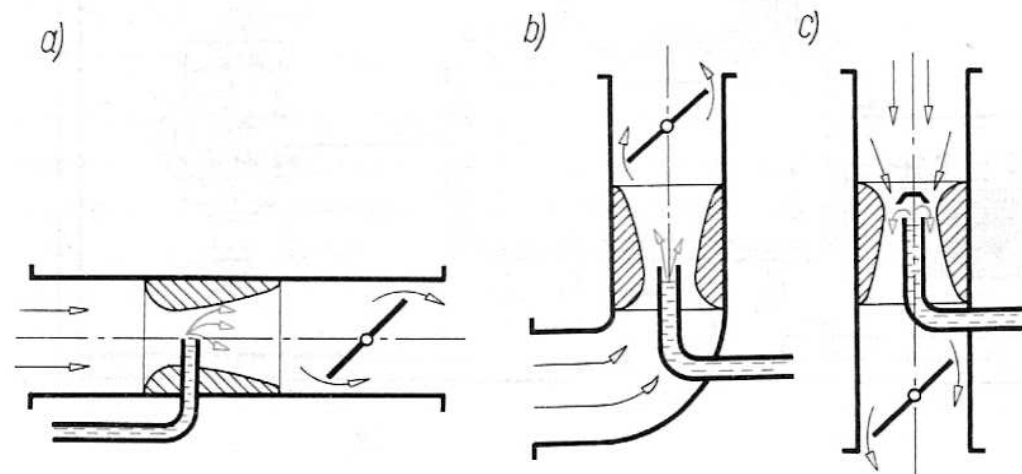
Schemat gaźnika z pompą przyspieszającą sterowaną mechanicznie [7]

1 — przepustnica, 2 — dźwignia, 3 — tłoczek, 4 — sprężyna, 5 — komora, 6 — zawór, 7 — rozpylacz przyspieszający

Rodzaje gaźników. Wszystkie opisane powyżej urządzenia gaźników są umieszczone we wspólnej obudowie. Rozmieszczenie tych urządzeń zależy od konstrukcyjnego układu gaźnika, którego najbardziej charakterystyczną cechą jest kierunek przepływu powietrza. W zależności od kierunku przepływu powietrza gaźniki mogą być:

- *Bocznossące* (rys. 2.76a), rzadko obecnie stosowane w samochodach, natomiast powszechnie stosowane w motocyklach.
- *Górnossące* (rys. 2.76b), w których gardziel jest usytuowana pionowo, a powietrze przepływa z dołu ku górze. Takie gaźniki są obecnie rzadko stosowane.
- *Dolnossące* (rys. 2.76c) o pionowym przepływie powietrza z góry na dół. Są one obecnie najbardziej rozpowszechnione.

W silnikach wielu nowoczesnych samochodów stosuje się gaźniki wielogardzielowe. W gaźnikach dwugardzielowych, na przykład, przepustnica jednej gardzieli jest sterowana przez kierowcę, natomiast przepustnica drugiej gardzieli otwiera się samoczynnie przy odpowiednio dużym obciążeniu silnika.



Rys. 2.76

Zasadnicze odmiany gaźników: a) bocznossący, b) górnossący, c) dolnossący [7]

2.13.3

Układ zasilania wtryskowego

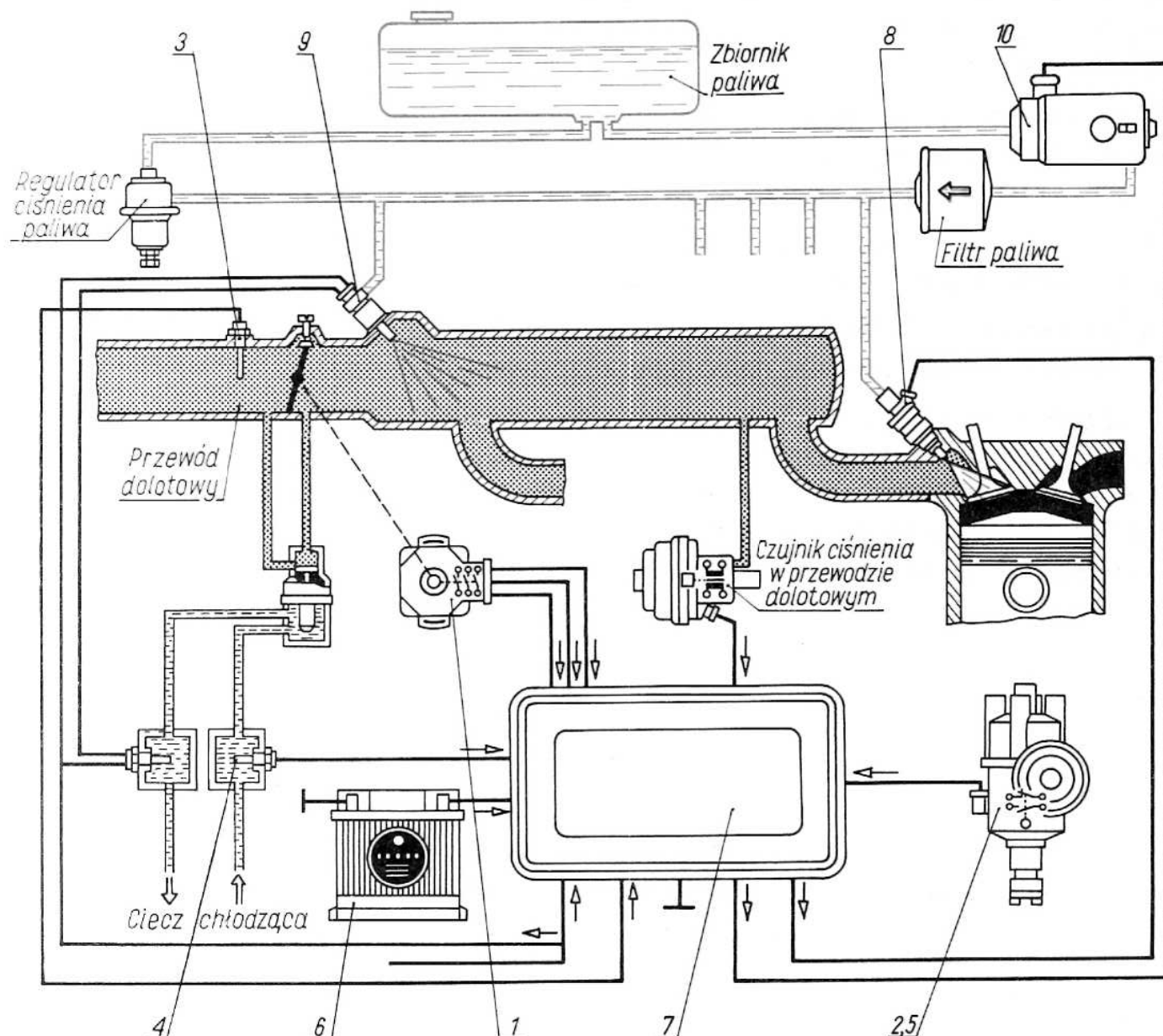
Rys. 2.77

Schemat elektronicznie sterowanego układu zasilania wtryskowego silnika o zapłonie iskrowym

1 — czujnik otwarcia przepustnicy, 2 — czujnik prędkości obrotowej, 3 — czujnik temperatury powietrza, 4 — czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 5 — czujnik kąta wyprzedzenia zapłonu, 6 — akumulator z czujnikiem stanu naładowania, 7 — urządzenie sterujące pracą wtryskiwaczy, 8 — wtryskiwacz, 9 — wtryskiwacz rozruchowy, 10 — pompa paliwa

Zastosowanie jednego gaźnika do zasilania kilku cylindrów silnika nie zapewnia dostarczenia do każdego cylindra identycznej mieszanki, o takim samym składzie i takim samym stopniu wymieszania i odparowania paliwa. Ponadto gaźnik, pomimo swych stosunkowo skomplikowanych urządzeń, przygotowuje mieszankę, której skład w zasadzie jest uzależniony jedynie od podciśnienia w przewodzie dolotowym silnika.

Zastosowanie zasilania wtryskowego w znacznym stopniu usuwa te niedogodności. Polega ono na okresowym (lub niekiedy ciągłym) dostarczaniu paliwa w pobliże zaworów dolotowych wszystkich cylindrów metodą wtrysku. Ilość podawanego paliwa jest sterowana urządzeniem elektronicznym. Urządzenie to dostosowuje dawkę paliwa do chwilowego obciążenia i prędkości



obrotowej silnika, do stopnia jego nagrzania, do temperatury otoczenia itd.

Schemat układu zasilania wtryskowego sterowanego elektronicznie przedstawia rys. 2.77. Do urządzenia sterującego 7 są wprowadzane dane (sygnały elektryczne) określające chwilowy stan pracy silnika. Tymi danymi, przekazywanymi przez czujniki, są zwykle: obciążenie silnika (otwarcie przepustnicy) — czujnik 1, prędkość obrotowa — czujnik 2, temperatura powietrza w przewodzie dolotowym — czujnik 3, temperatura cieczy chłodzącej — czujnik 4, kąt wyprzedzenia zapłonu — czujnik 5, a niekiedy także stan naładowania akumulatora — czujnik 6. Urządzenie 7 przetwarza te dane sterując pracą wtryskiwaczy 8, czyli zmieniając odpowiednio ilość wtryskiwanego paliwa i chwilę jego wtrysku. Podczas rozruchu jest uruchamiany dodatkowy wtryskiwacz 9. Ciśnienie paliwa w układzie wtryskowym wytwarza pompa 10.

2.14

Układy zasilania silników o zapłonie samoczynnym

2.14.1

Zadania i elementy składowe

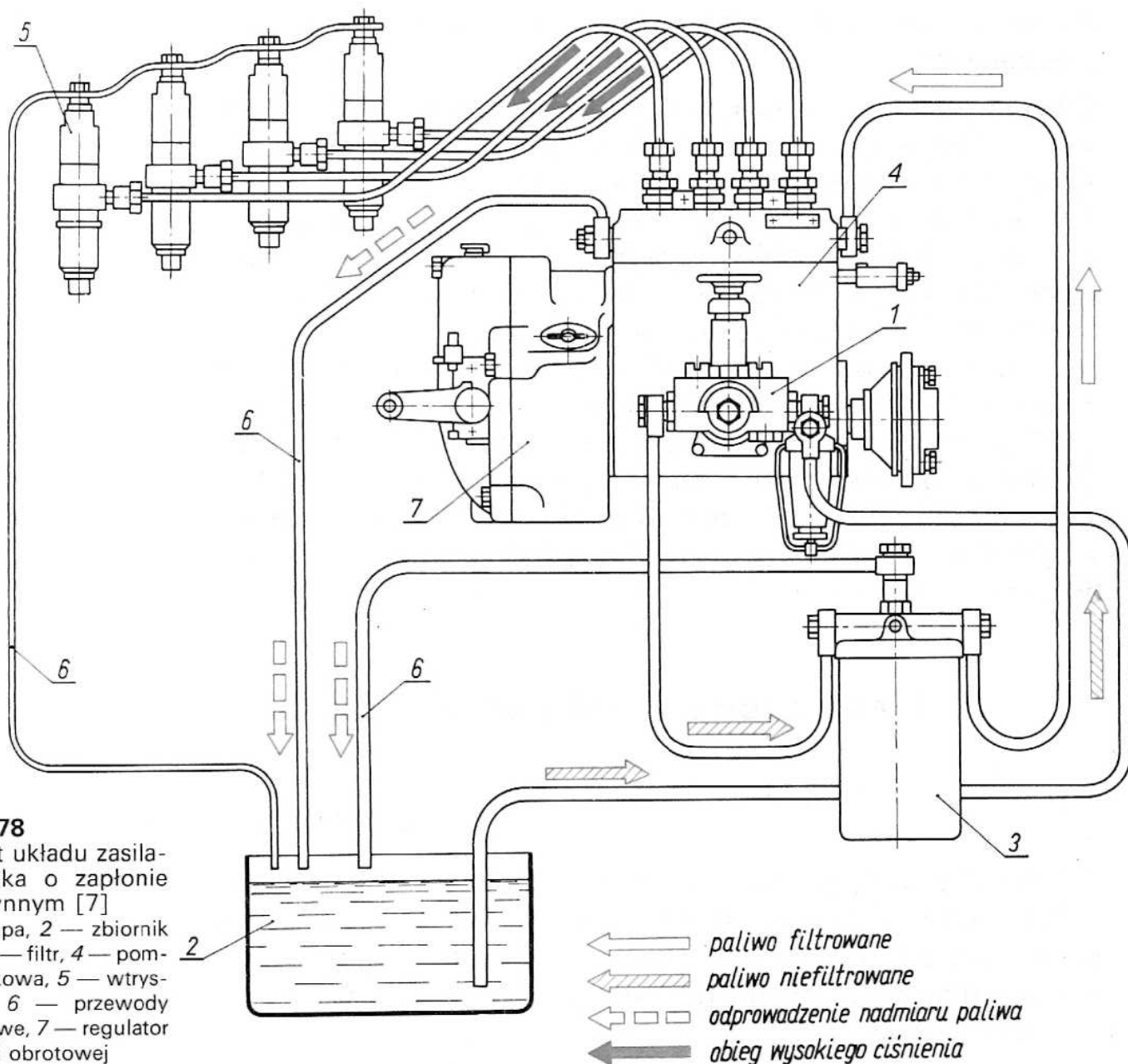
Zgodnie z zasadą działania silników o zapłonie samoczynnym, układ zasilania takiego silnika musi zapewnić wtrysk dawki paliwa wprost do cylindra. Dawka, zawierająca żądaną ilość odpowiednio rozpylonego paliwa, musi być wtrysnięta w odpowiedniej chwili.

W skład typowego układu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym wchodzi następujące elementy (rys. 2.78):

- pompa zasilająca 1;
- zbiornik paliwa 2 wraz z przewodami;
- filtr paliwa 3;
- pompa wtryskowa 4;
- wtryskiwacze 5;
- regulator prędkości obrotowej 7;
- filtr powietrza z przewodami dolotowymi.

Pompa zasilająca podaje paliwo ze zbiornika przez filtr do pompy wtryskowej. Pompa wtryskowa tłoczy odmierzoną dawkę paliwa przewodami wysokiego ciśnienia do wtryskiwaczy. Nadmiar paliwa z filtru, pompy wtryskowej i wtryskiwaczy spływa do zbiornika przewodami przelewowymi 6.

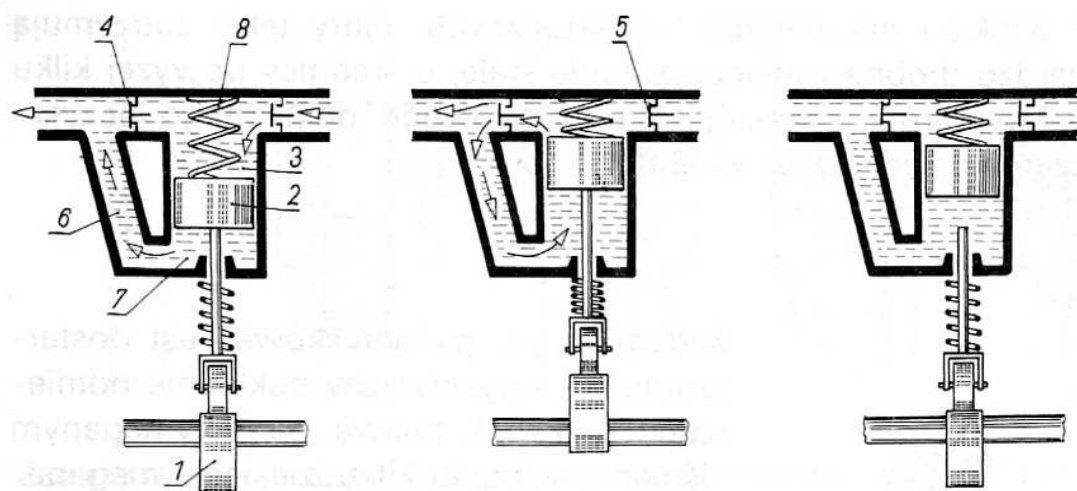
Przedstawiony układ wtryskowy jest tylko jednym z wielu istniejących rozwiązań konstrukcyjnych, lecz jest on najpowszechniej stosowany w silnikach pojazdów samochodowych.



2.14.2 Doprowadzenie paliwa

Pompa zasilająca podaje paliwo do pompy wtryskowej, która z reguły jest znacznie oddalona od zbiornika paliwa. W układach wtryskowych silników z zapłonem samoczynnym najczęściej są stosowane *tłoczkowe pompy zasilające*, usytuowane wprost na pompie wtryskowej.

Schemat działania tłoczkowej pompy zasilającej systemu Bosch przedstawia rys. 2.79. Ruch tłoczka 2 wymusza obracającą się krzywką 1, napędzaną przez wałek pompy wtryskowej. Ruch tłoczka ku górze powoduje przetłoczenie paliwa z komory pompowania 3 przez kanał 6 do zasobnika 7. Umożliwiają to samoczynne zawory 4 i 5. Ruch tłoczka ku dołowi wymusza



Rys. 2.79
Schemat działania tłoczkowej pompy zasilającej [7]
1 — krzywka, 2 — tłoczek, 3 — komora, 4, 5 — zawory, 6 — kanał, 7 — zasobnik, 8 — sprężyna

sprężyna 8, która pompuje paliwo do pompy wtryskowej. Jednocześnie do komory 3 zostaje zassana następna porcja paliwa. Wydajność pompy zasilającej 6 ÷ 8-krotnie przekracza zapotrzebowanie pompy wtryskowej. Gdy pobór paliwa z zasobnika 7 jest mały, panuje tam znaczne ciśnienie, przeciwdziałające ruchowi naciskanego sprężyną tłoczka ku dołowi. W tej chwili paliwo nie jest pompowane. Spadek ciśnienia w zasobniku umożliwia pełny ruch tłoczka.

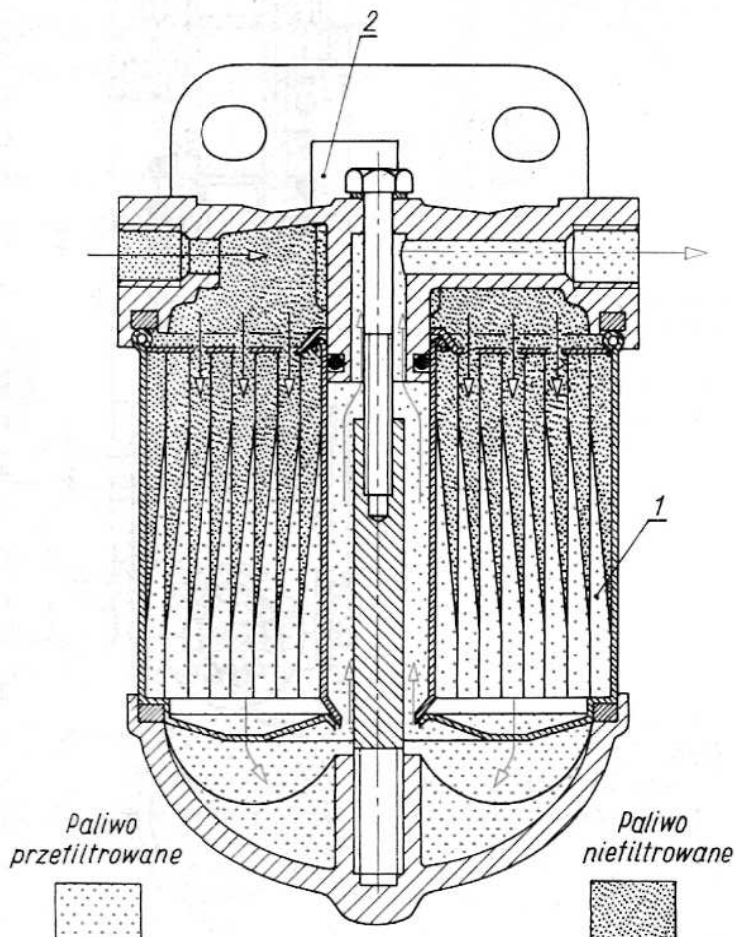
Ciśnienie tłoczenia pompy zasilającej wynosi 100 ÷ 200 kPa.

Filtry paliwa są umieszczone między pompą zasilającą a pompą wtryskową. Są one niezbędnymi elementami układu wtryskowego, gdyż ze względu na bardzo dokładne pasowanie elementów pompy wtryskowej i wtryskiwaczy doprowadzane do nich paliwo nie może zawierać zanieczyszczeń stałych. Toteż w układzie zasilania silnika o zapłonie samoczynnym są stosowane co najmniej dwa filtry paliwa — wstępny i dokładnego oczyszczania.

- *Filtr wstępny*, zazwyczaj siatkowy, jest umieszczony w zbiorniku paliwa, na wlocie do przewodu paliwowego. Drugi filtr siatkowy, zazwyczaj połączony z odstojnikiem, jest umieszczony tuż przed pompą zasilającą. Zatrzymuje on grubsze zanieczyszczenia mechaniczne oraz zawartą w paliwie wodę.

- *Filtry dokładnego oczyszczania* mają zazwyczaj wkłady filtrujące wykonane z filcu, papieru lub tkanin

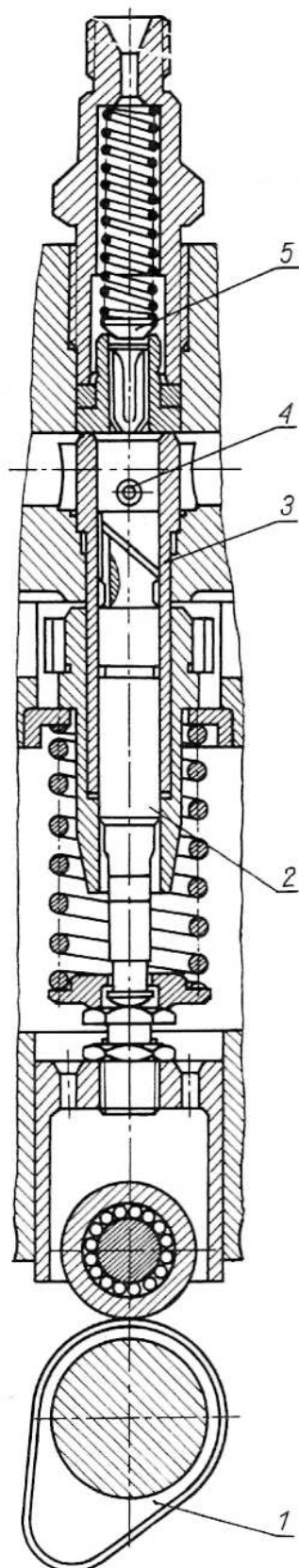
Rys. 2.80
Filtr paliwowy dokładnego oczyszczania (CAV FS) [7]
1 — element filtrujący, 2 — odpowietrznik



z włókien naturalnych lub sztucznych. Filtry takie zatrzymują bardzo drobne zanieczyszczenia stałe, o średnicy powyżej kilku mikrometrów. Przekrój filtra paliwowego dokładnego oczyszczania przedstawia rys. 2.80.

2.14.3

Pompy wtryskowe



Rys. 2.81

Zespół tłoczący pompy wtryskowej z obracającymi tłoczkami [7]

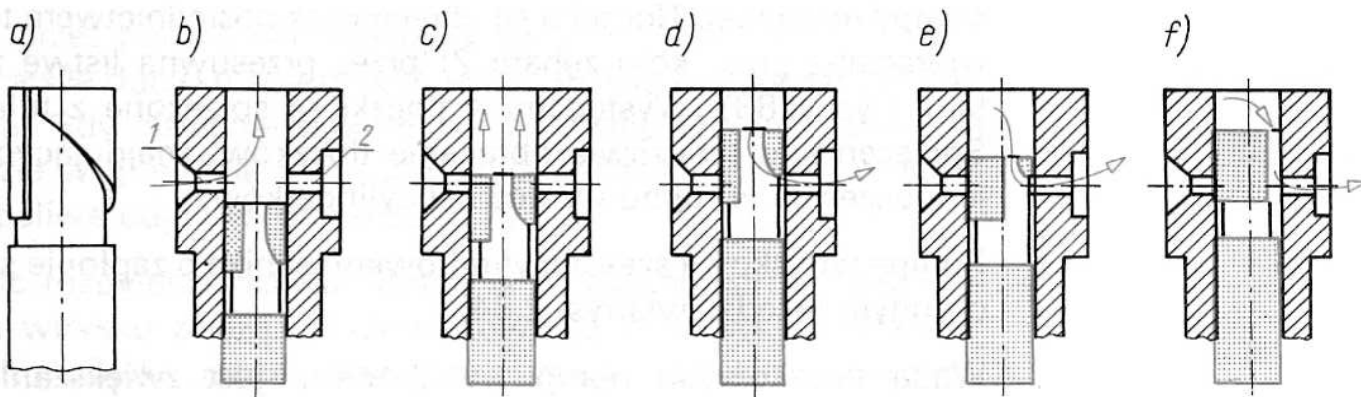
1 — krzywka, 2 — tłoczek, 3 — cylinderek, 4 — otwór przelewowy, 5 — zawór tłoczny

Zadaniem pompy wtryskowej jest dostarczanie do wtryskiwaczy dokładnie odmierzonych dawek paliwa pod wymaganym ciśnieniem (rzędu kilkudziesięciu megapaskali). Ilość paliwa zawartego w tych dawkach oraz chwile ich wtryskiwania zależą od chwilowych warunków pracy silnika.

Obecnie z reguły są stosowane pompy wtryskowe tłoczkowe. Jeżeli każdy z cylindrów silnika jest zasilany oddzielną sekcją pompy wtryskowej, to pompę taką nazywa się *wielosekcyjną*. Jeżeli wszystkie cylindry silnika są kolejno zasilane jedną sekcją pompy, to pompę nazywa się *jednosekcyjną z rozdzielaczem*.

W większości używanych w kraju wielocylindrowych silników z zapłonem samoczynnym są stosowane pompy wielosekcyjne. Pompy jednosekcyjne prawie wyłącznie stosuje się w silnikach jednocylin-drowych.

Najczęściej stosuje się pompy wtryskowe z obracającymi tłoczkami (rys. 2.81). Pompa taka działa następująco: Napędzany mechanicznie wałek krzywkowy krzywkami 1 wymusza postępowo-zwrotny ruch tłoczka 2 w cylindrze 3. Podczas ruchu tłoczka ku dołowi do cylindra 3 jest zasysane paliwo, dostarczane przez pompę zasilającą. Podczas ruchu tłoczka ku górze paliwo jest wytłaczane z cylindra pompy przez sprężynowy zawór tłoczny 5 do przewodu wysokiego ciśnienia. Tym przewodem płynie do wtryskiwacza. Zawór 5 jest tak wyregulowany, że otwiera się dopiero po wytworzeniu przez tłoczek wystarczająco wysokiego ciśnienia. Nadmiar paliwa jest odprowadzany otworem przelewowym 4.



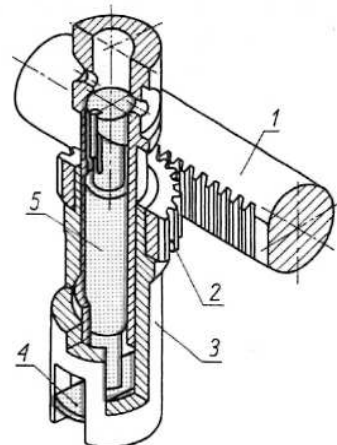
Zasadę działania pompy tego typu przedstawia rys. 2.82. W czasie ruchu tłoczka ku dołowi do cylindarka przez otwór dolotowy 1 jest zasysane paliwo (rys. 2.82b). W pierwszej fazie ruchu tłoczka ku górze jego górna krawędź zasłania otwory dolotowy 1 i przelewowy 2 (rys. 2.82c). Rozpoczyna się wytłaczanie paliwa do wtryskiwacza. W końcowej fazie ruchu tłoczka ku górze dolna krawędź jego śrubowego wycięcia odsłania otwór przelewowy 2, powodując zakończenie tłoczenia (rys. 2.82d). Do wtryskiwacza została podana określona dawka paliwa.

Zmianę dawki paliwa uzyskuje się przez obrócenie tłoczka wokół osi. Śrubowy kształt dolnej krawędzi tłoczka sprawia, że na skutek obrotu tłoczka zmienia się chwila odsłonięcia otworu przelewowego, a tym samym zmienia się dawka paliwa (rys. 2.82e). Ustawienie tłoczka w położeniu, w którym przestrzeń nad tłoczkiem jest stale połączona z otworem przelewowym sprawia, że paliwo nie jest tłoczone pomimo ruchu tłoczka (rys. 2.82f).

Obciążenie silnika jest więc zmieniane przez odpowiednie katowe ustawienie tłoczków, takie same we wszystkich sekcjach

Rys. 2.82

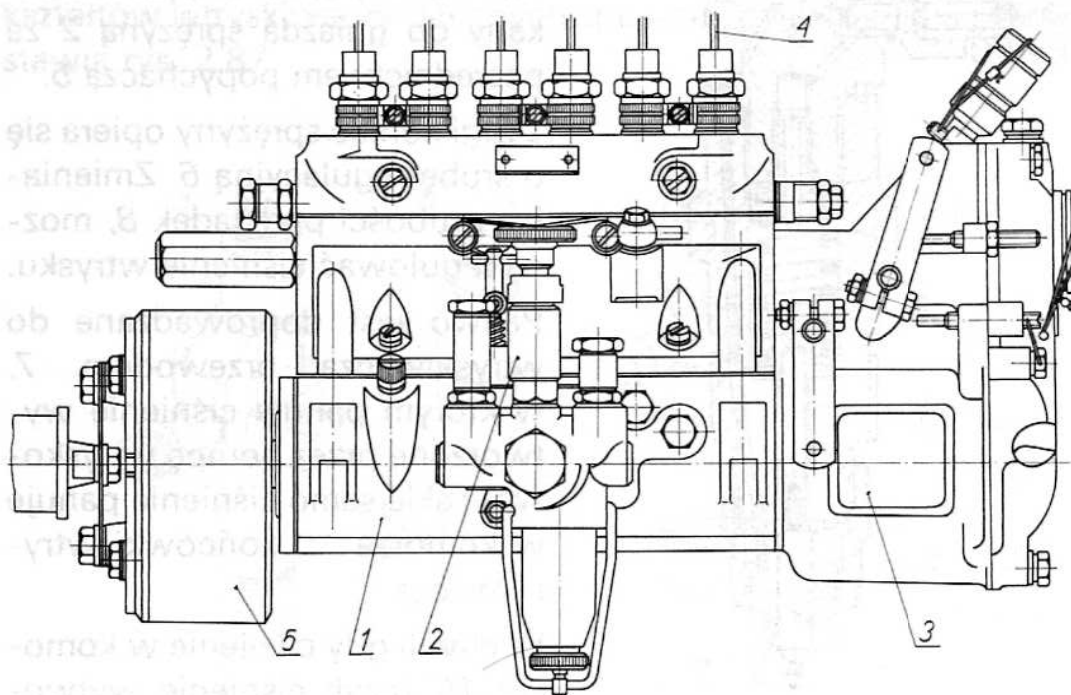
Zasada działania zespołu tłoczącego pompy wtryskowej z obracającym tłoczkiem [7]
1 — otwór dolotowy, 2 — otwór przelewowy



Rys. 2.83

Mechanizm obracania tłoczka pompy wtryskowej [7]

1 — listwa zębata, 2 — koło zębate, 3 — tuleja, 4 — występy, 5 — tłoczek



Rys. 2.84

Pompa wtryskowa silnika sześciocylindrowego

1 — pompa wtryskowa, 2 — pompa zasilająca, 3 — regulator prędkości obrotowej silnika, 4 — przewody wysokiego ciśnienia, 5 — przestawiacz kąta wtrysku

pompy tryskowej. Tłoczki 5 są obracane za pośrednictwem tulei 3 (obracanej przez koło zębate 2) przez przesuwную listwę zębatą 1 (rys. 2.83). Występami 4 tłoczki są sprzężone z tuleją 3. Sprzężenie to umożliwia obracanie tłoczków, znajdujących się jednocześnie w ruchu wzdłuż osi cylindereków.

Pompę wtryskową sześciocyndrowego silnika o zapłonie samoczynnym przedstawia rys. 2.84.

Wadą tłoczkowych pomp wtryskowych jest zwiększanie się dawki paliwa w miarę wzrostu prędkości obrotowej silnika. Można tego uniknąć stosując specjalne urządzenia korygujące, tak zwane *korektory*.

2.14.4 Wtryskiwacze

Zadaniem wtryskiwacza jest wtrysnięcie do komory spalania podanej przez pompę wtryskową dawki paliwa oraz jej jednoczesne rozpylenie w sposób zapewniający najkorzystniejsze warunki spalania.

Przekrój typowego wtryskiwacza przedstawia rys. 2.85. Zasadniczymi częściami wtryskiwacza są: obudowa 1 oraz końcówka 3,

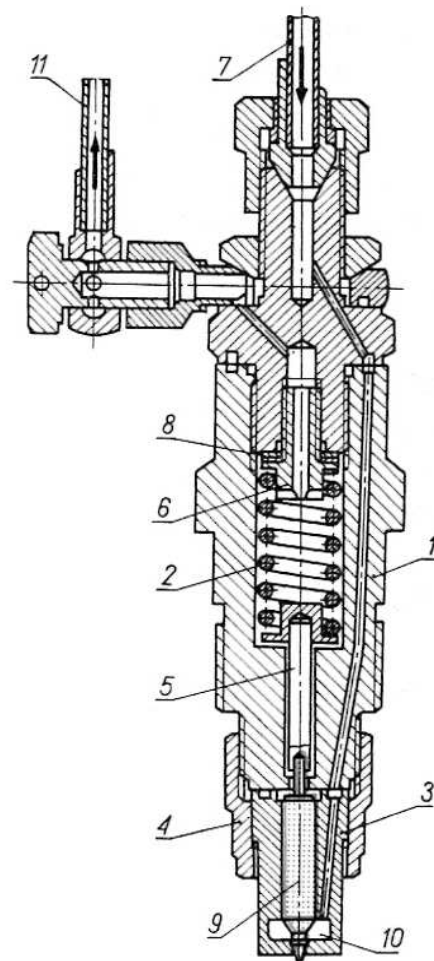
której wylot znajduje się we wnętrzu komory spalania silnika. Obydwie te części są połączone nakrętką 4.

W końcówce wtryskiwacza znajduje się iglica 9, której koniec, zakończony stożkiem, jest dociskany do gniazda sprężyną 2 za pośrednictwem popychacza 5.

Drugi koniec sprężyny opiera się o śrubę regulacyjną 6. Zmieniając grubości podkładek 8, można regulować ciśnienie wtrysku.

Paliwo jest doprowadzane do wtryskiwacza przewodem 7, w którym panuje ciśnienie wytworzone przez pompę wtryskową. Takie samo ciśnienie panuje w komorze 10 końcówki wtryskiwacza.

W chwili gdy ciśnienie w komorze 10 (czyli ciśnienie wytworzone



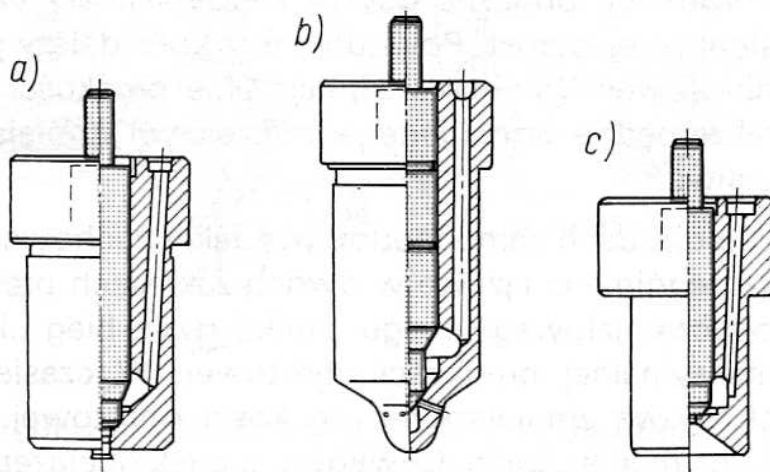
Rys. 2.85

Wtryskiwacz [7]

1 — korpus, 2 — sprężyna,
3 — końcówka, 4 — nakrętka, 5 — popychacz,
6 — śruba regulacyjna, 7 — przewód wysokociśnieniowy, 8 — podkładki regulacyjne, 9 — iglica, 10 — komora końcówki, 11 — przewód przelewowy

rzony przez pompę wtryskową) wywrze na iglicę siłę przewyższającą siłę docisku sprężyny 2, iglica uniesie się i nastąpi wtrysk paliwa. Gdy ciśnienie w komorze 10 zmaleje, iglica ponownie osiadzie w gnieździe i wtrysk paliwa zostanie przerwany. Nadmiar paliwa odpływa przewodem 11.

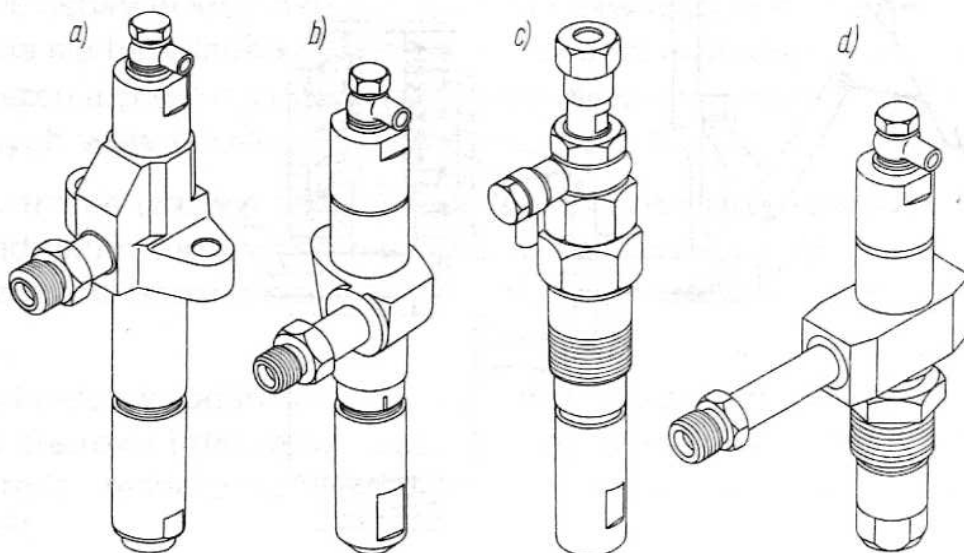
Jakość rozpylenia paliwa, kształt wtryskiwanej strugi oraz kierunek wtrysku zależą od ukształtowania końcówki wtryskiwacza. Kończówka może mieć jeden otwór lub kilka otworów



Rys. 2.86
Kończówki wtryskiwaczy: a) czopikowa, b) wielootworowa, c) z gniazdem płaskim [7]

o niewielkiej średnicy tak ukształtowanych i skierowanych, żeby uzyskać wtrysk odpowiedni do danego rodzaju komory spalania. Przykłady konstrukcji końcówek wtryskiwaczy przedstawiono na rys. 2.86.

Zewnętrzny kształt wtryskiwaczy musi być dostosowany do konstrukcji głowicy silnika. Zasadnicze znaczenie ma tu sposób mocowania wtryskiwacza w głowicy. Przykłady zewnętrznych kształtów wtryskiwaczy o różnych sposobach mocowania przedstawia rys. 2.87.



Rys. 2.87
Wtryskiwacze z mocowaniem: a) kołnierzym, b) jarzmowym, c) gwintowym, d) śrubą dociskową

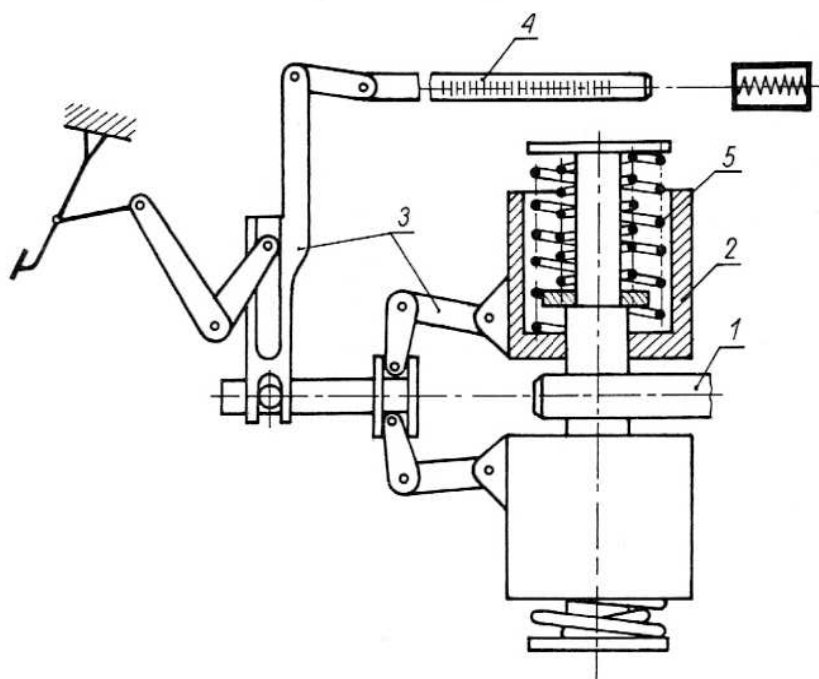
2.14.5

Regulatory prędkości obrotowej

Wspomniana poprzednio wada pomp wtryskowych, polegająca na zwiększaniu dawki paliwa ze wzrostem prędkości obrotowej silnika, sprawia, że silnik o zapłonie samoczynnym ma tendencję do niesterowanej zmiany prędkości obrotowej. Na przykład chwilowe zmniejszenie oporów ruchu pojazdu powoduje wzrost prędkości obrotowej silnika. Korzystne byłoby wtedy zmniejszenie dawki paliwa w celu zapobieżenia przyrostowi prędkości obrotowej, podczas gdy w rzeczywistości właśnie wtedy następuje jej wzrost. Powoduje to z kolei dalszy przyrost prędkości obrotowej. Chwilowe zmniejszenie prędkości obrotowej silnika także będzie wzmagane jednoczesnym zmniejszeniem się dawki paliwa.

W pojazdach samochodowych takie zachowanie się silnika jest szczególnie uciążliwe w dwóch zakresach prędkości obrotowej: podczas jałowego biegu silnika (tzw. bieg „luzem”) oraz przy maksymalnej prędkości obrotowej. W czasie biegu jałowego chwilowe zmniejszenie prędkości obrotowej prowadziłoby do zatrzymania silnika. Chwilowy spadek obciążenia silnika podczas pracy z maksymalną prędkością obrotową prowadziłby do dalszego szybkiego przyrostu prędkości obrotowej, a w konsekwencji — do dymienia silnika oraz do wystąpienia nadmiernych mechanicznych i cieplnych obciążeń elementów silnika, czyli do jego zniszczenia.

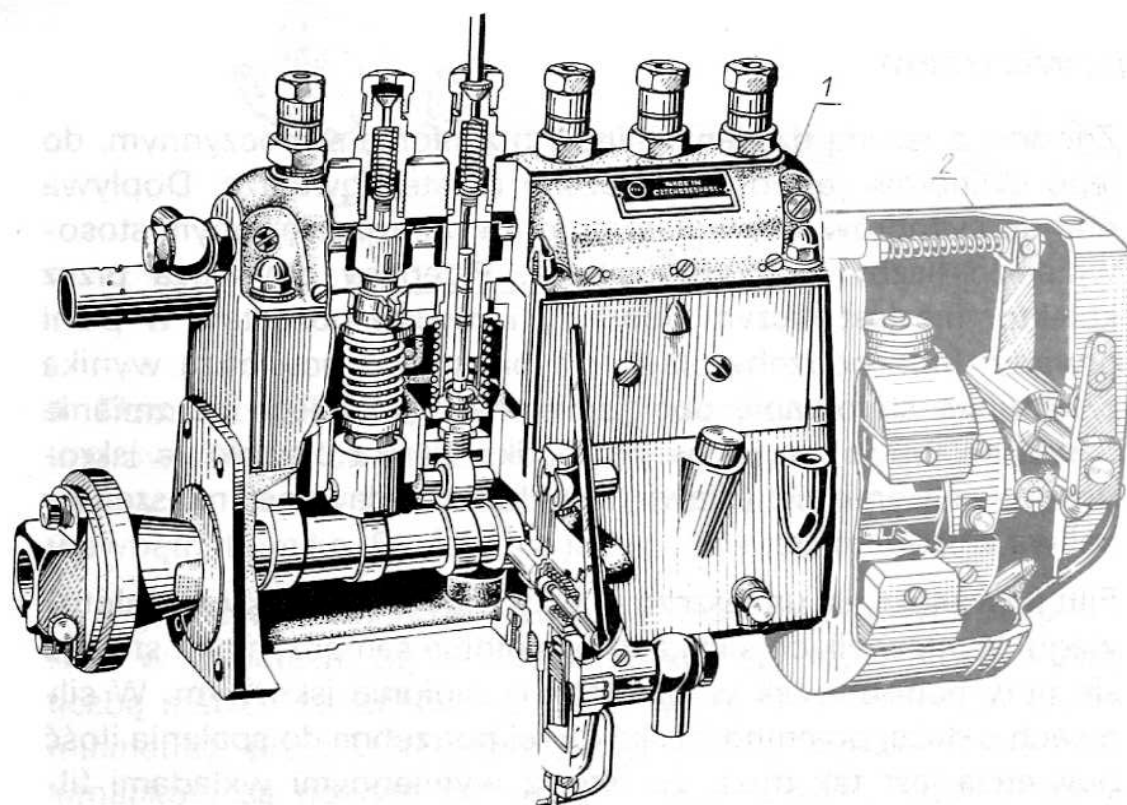
Dla zapobieżenia takim ujemnym zjawiskom w silnikach stosuje się regulatory prędkości obrotowej. W silnikach pojazdów samochodowych regulatory działają jedynie przy dwóch wartościach prędkości obrotowej silnika, chroniąc silnik przed zatrzymaniem



Rys. 2.88

Schemat regulatora odśrodkowego [7]

1 — wałek krzywkowy,
2 — bezwładniki, 3 — układ
dźwigni, 4 — listwa zęba-
ta, 5 — sprężyny



Rys. 2.89
Regulator dwuzakresowy zespolony z pompą wtryskową (PAL) [16]
1 — pompa wtryskowa,
2 — regulator

przy niewielkiej prędkości obrotowej oraz nie dopuszczając do rozbiegania się silnika — przy maksymalnej prędkości obrotowej. Są to więc regulatory dwuzakresowe.

W zakresie pośrednich wartości prędkości obrotowej regulatory dwuzakresowe nie działają; prędkość obrotowa silnika jest utrzymywana przez kierowcę.

Schemat najczęściej stosowanego *regulatora odśrodkowego* przedstawia rys. 2.88. Na wałku krzywkowym 1 pompy wtryskowej są osadzone dwa bezwładniki (ciężarki) 2, wirujące wraz z wałkiem. Działająca na nie siła odśrodkowa dąży do ich odsunięcia od osi wirowania. Układ dźwigni 3 sprzęga bezwładniki z listwą zębatą 4 pompy wtryskowej, której przesuwanie zmienia dawkę paliwa. Odsunięcie bezwładników od osi powoduje przesunięcie listwy w kierunku zmniejszenia dawki paliwa. Ponowne zbliżenie się bezwładników do osi wirowania następuje z chwilą zmniejszenia prędkości obrotowej pod wpływem nacisku umieszczonych wewnątrz bezwładników sprężyn 5.

Zestaw trzech (zazwyczaj) sprężyn jest tak dobrany, że zapewnia bezwładnikom możliwość rozsuwania się jedynie przy dwóch, rozważanych poprzednio wartościach prędkości obrotowej silnika.

Dwuzakresowy odśrodkowy regulator prędkości obrotowej silnika stanowi integralną część pompy wtryskowej. Przykład regulatora zespolonego z pompą wtryskową przedstawia rys. 2.89.

2.14.6

Zasilanie silnika powietrzem

Zgodnie z zasadą działania silnika o zapłonie samoczynnym, do jego cylindrów jest doprowadzane czyste powietrze. Dopływa ono do cylindrów *kolektorem dolotowym*, rozgałęzionym stosownie do liczby cylindrów silnika. Przepływ powietrza przez kolektor nie jest niczym tłumiony i zawsze pozostaje w pełni otwarty. Brak potrzeby dławienia przepływu powietrza wynika z faktu, że sterowanie obciążeniem silnika polega na zmianie dawki paliwa, a nie jak w przypadku silnika o zapłonie iskrowym — na zmianie (dławieniu) ilości podawanej mieszaniny paliwa z powietrzem.

Filtr powietrza jest umieszczony przy wlocie do kolektora dolotowego. W niewielkich silnikach o zapłonie samoczynnym stosuje się filtry podobne jak w silnikach o zapłonie iskrowym. W silnikach o dużej pojemności skokowej potrzebna do spalania ilość powietrza jest tak duża, że filtry z wymiennymi wkładami filtrującymi stają się nieprzydatne. Aby filtr taki mógł spełnić swe zadania, jego wkład musiałby mieć zbyt dużą powierzchnię.

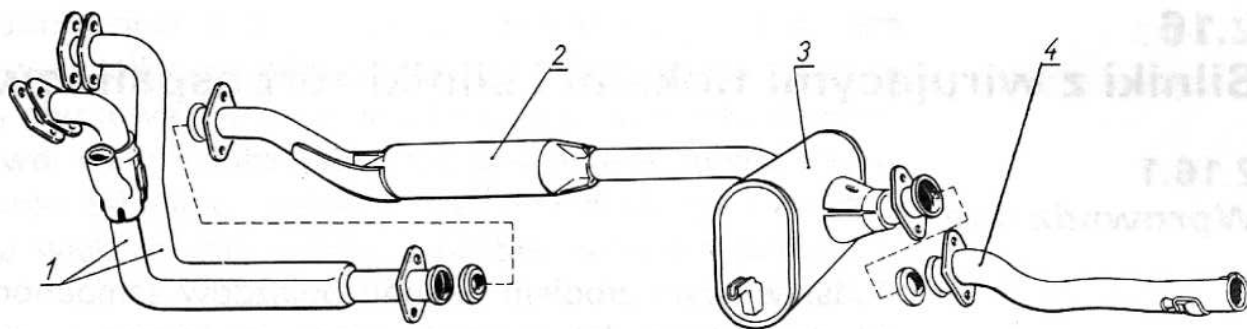
W dużych silnikach o zapłonie samoczynnym stosuje się filtry, w których wytrącanie zanieczyszczeń następuje na skutek zmian kierunku przepływu powietrza. Wytrącone zanieczyszczenia są następnie wychwytywane przez kąpiel olejową. Filtry takie wymagają okresowego czyszczenia i wymiany oleju. Ze względu na znaczne wymiary filtry powietrza bywają umieszczane nie w komorze silnikowej samochodu, lecz w miejscu oddalonym od silnika, poza kabiną kierowcy. Naturalnie wymaga to znacznego wydłużenia przewodu dolotowego.

2.15

Układ wylotowy

Układ wylotowy (rys. 2.90) służy do odprowadzania spalin z silnika poza obrys pojazdu. Składa się z następujących zasadniczych zespołów: ● kolektora wylotowego, ● rury wylotowej, ● tłumików, ● dopalaczy katalitycznych oraz — w silnikach dwusuwowych — ● komór rozprężnych.

● *Kolektor wylotowy* łączy wyloty wszystkich przewodów wylotowych silnika (ze wszystkich cylindrów) w jeden przewód o większej średnicy, odprowadzający spaliny do *rury wylotowej*. Kolektory wylotowe z reguły są wykonywane jako odlewy żeliwne. W silnikach o układzie widlastym lub przeciwsobnym stosuje się zwykle dwa kolektory, każdy do jednej gałęzi cylindrów.



Rys. 2.90

Układ wylotowy niewielkiego samochodowego silnika dwucylindrowego

1 — kolektor wylotowy, 2 — tłumik wstępny, 3 — tłumik zasadniczy, 4 — rura wylotowa

- **Tłumiki** zmniejszają hałas towarzyszący wylotowi spalin z cylindrów silnika. Ich działanie polega na stopniowym rozprężaniu gazów w czasie przechodzenia przez labiryntowe przegrody wewnątrz tłumika. Stosuje się jeden lub więcej tłumików.

- **Dopalacze katalityczne** redukują ilość toksycznych składników w spalinach. Są to oddzielne komory wypełnione wielką liczbą małych kanalików (o średnicy rzędu dziesiątych części milimetra), przez które przepływają spaliny. Powierzchnie tych kanalików są pokryte materiałem katalitycznym, który ułatwia reakcje spalania. Zawarte w spalinach składniki toksyczne dopalają się w zetknięciu z katalizatorem, a tym samym mniejsza ich ilość ulatuje do atmosfery. Każdy nowo rejestrowany samochód z silnikiem o zapłonie iskrowym musi być wyposażony w dopalacz katalityczny. Niekiedy dopalacze katalityczne są umieszczane w tej samej obudowie co główny tłumik.

- **Komory rozprężne.** W silnikach dwusuwowych wypływające z silnika spaliny przechodzą przez komorę rozprężną. Głównym zadaniem tej komory nie jest zmniejszanie hałasu, lecz zapewnienie właściwego przebiegu fal ciśnienia w kolektorze wylotowym, co stanowi niezbędny warunek prawidłowej pracy silnika (zagadnienia te omówiono w p. 2.5.3). Także rodzaj i usytuowanie tłumików mają istotny wpływ na pracę silnika dwusuwowego.

Tłumiki są połączone z silnikiem. Między sobą łączą się odcinkami rury wylotowej. W samochodach osobowych koniec rury wylotowej jest wyprowadzany z tyłu pojazdu. W dużych, długich samochodach ciężarowych koniec rury wylotowej jest wyprowadzany w bok pojazdu, a czasem — ku górze.

Dopalacze katalityczne można stosować tylko pod warunkiem, że skład mieszanki spalanej w cylindrach silnika nie odbiega znacznie od idealnego (patrz p. 2.1.2). W silnikach zasilanych wtryskowo w układzie wylotowym spotyka się tzw. *sondy lambda*. Są to czujniki wykrywające obecność tlenu w spalinach. Sygnały o jego nadmiarze są przesyłane do urządzenia wtryskowego, które koryguje ilość wtryskiwanego paliwa.

2.16

Silniki z wirującymi tłokami i silniki turbospalinowe

2.16.1

Wprowadzenie

Podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych są od dziesiętków lat tłokowe silniki spalinowe o postępowo-zwrotnym ruchu tłoka. Zasadniczą wadą takich silników są niekorzystne zjawiska towarzyszące cyklicznej zmienności kierunku ruchu tłoków i ich prędkości. Powstałe w wyniku tego siły bezwładności powodują znaczne obciążenie mechanizmu korbowego silnika oraz wywołują niepożądane drgania silnika. Od lat znanych było wiele koncepcji silników, w których postępowo-zwrotny ruch tłoków był zastępowany ruchem obrotowym. Jednak trudności występujące przy zbudowaniu takiego silnika, odpowiednio wytrzymałego i trwałego, sprawiły, iż dotychczas nie stanowią one konkurencji dla tradycyjnych silników suwowych.

Na razie tylko silnik pomysłu niemieckiego konstruktora Feliksa Wankla doczekał się takiego technicznego udoskonalenia (przez firmy NSU i Curtis-Wright), że zaczął być seryjnie produkowany i stosowany do napędu niektórych (nielicznych) samochodów.

Innym, obiecującym źródłem napędu pojazdów samochodowych, a szczególnie ciężkich samochodów ciężarowych, jest silnik turbospalinowy. Jednak silniki tego typu, aczkolwiek stosowane już w pojazdach prototypowych, w zastosowaniu do napędu samochodów wciąż jeszcze znajdują się w stadium badań. Wiele zalet takich silników w porównaniu z tłokowymi silnikami spalinowymi sprawia, że po usunięciu trudności związanych z trwałością, niezawodnością i opłacalnością mogą one zastąpić tłokowe silniki spalinowe dużej mocy.

2.16.2

Silniki z wirującymi tłokami

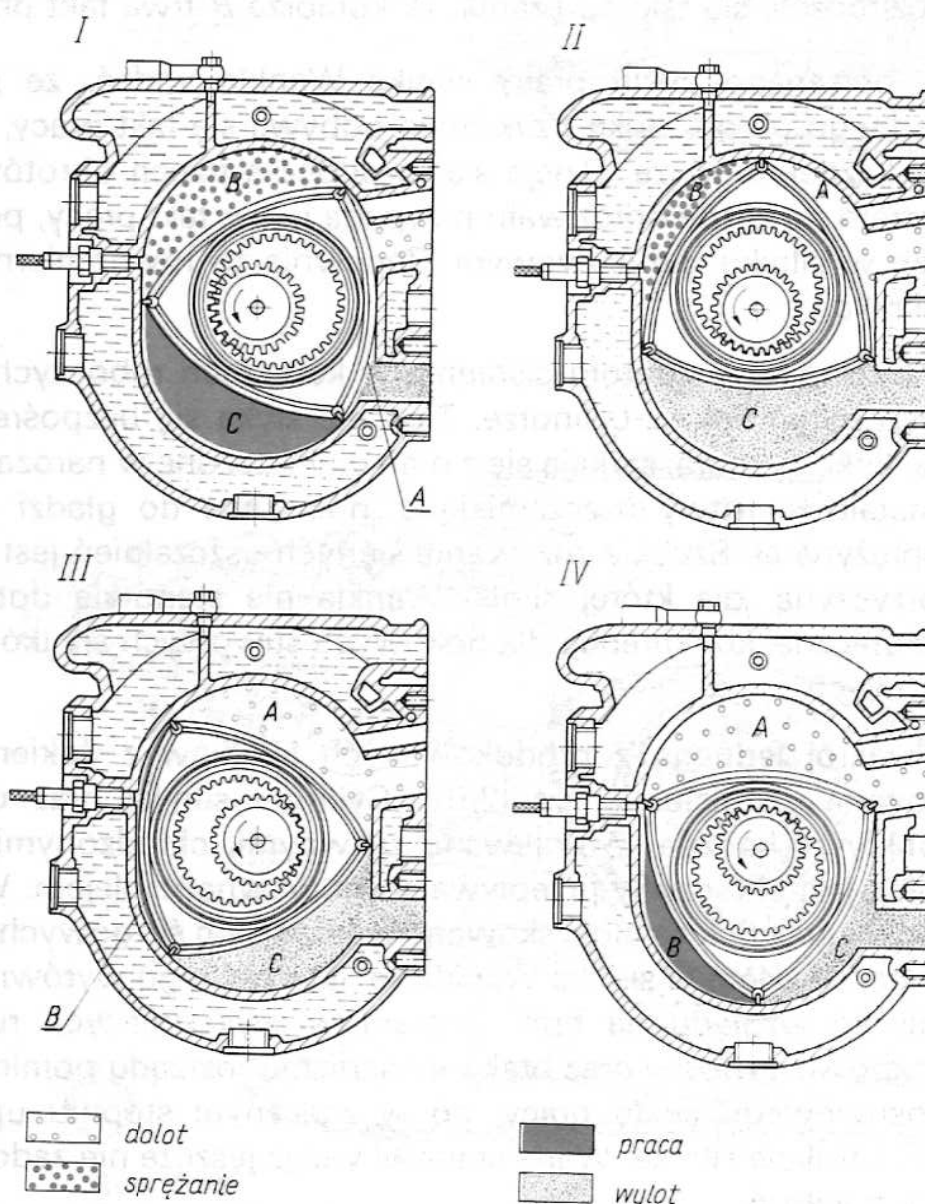
Jedynym praktycznie stosowanym w pojazdach samochodowych silnikiem z wirującym tłokiem jest silnik Wankla. Cykl pracy tego silnika jest analogiczny do cyklu pracy zwykłego silnika czterosuwowego. Obejmuje on takty (odpowiedniki suwów) dolotu, sprężania, pracy i wylotu.

Wirujący tłok silnika Wankla (rys. 2.91 i 2.92) ma kształt trójkąta o krzywoliniowych bokach. Tłok ten jest osadzony za pomocą łożyska na mimośrodku wału silnika, dzięki czemu podczas pracy środek tłoka porusza się po promieniu równym wartości mimo-

środu. Jednocześnie tłok obraca się wokół swej osi w tym samym co wał silnika kierunku, lecz z trzykrotnie mniejszą niż wał prędkością obrotową. Utrzymanie właściwego stosunku prędkości obrotowej wału i tłoka zapewnia przekładnia zębata, której mniejsze koło zębate o uzębieniu zewnętrznym jest związane z wałem, a większe koło zębate o uzębieniu wewnętrznym — z tłokiem.

Tłok porusza się w kadłubie, którego wewnętrzny kształt (przekrój cylindra) wyznaczają naroża tłoka podczas jego ruchu. Wyznaczony przez tłok zarys cylindra nazywa się *trochoidą*. Ukształtowany w ten sposób cylinder silnika jest z obu stron (w kierunku osi wału) zamknięty płaskimi ścianami.

Dzięki stałemu stykaniu się narożników tłoka z zarysem cylindra w jego wnętrzu tworzą się trzy oddzielne komory robocze, których kształt, objętość i położenie zmieniają się podczas mimośrodkowego ruchu tłoka. W czasie jednego obrotu tłoka każda z komór roboczych dwukrotnie osiąga swą najmniejszą i największą objętość.



Rys. 2.91
Zasada działania silnika
Wankla [12]

Na rysunku 2.91 przedstawiono poszczególne fazy działania silnika Wankla.

- *Faza I.* W komorze *C* rozprężają się gazy spalinowe powodując ruch tłoka. Jednocześnie z komory *A* jest wypychana reszta spalin, a do drugiej jej części zaczyna napływać świeża mieszanka. W tym czasie w komorze *B* odbywa się sprężanie.

- *Faza II.* Tłok obrócił się nieco w lewo. Do komory *A*, zwiększającej swoją objętość, jest zasysana świeża mieszanka. W komorze *B* wciąż trwa proces sprężania ładunku. Komora *C* została połączona z przewodem wylotowym i spaliny są z niej usuwane.

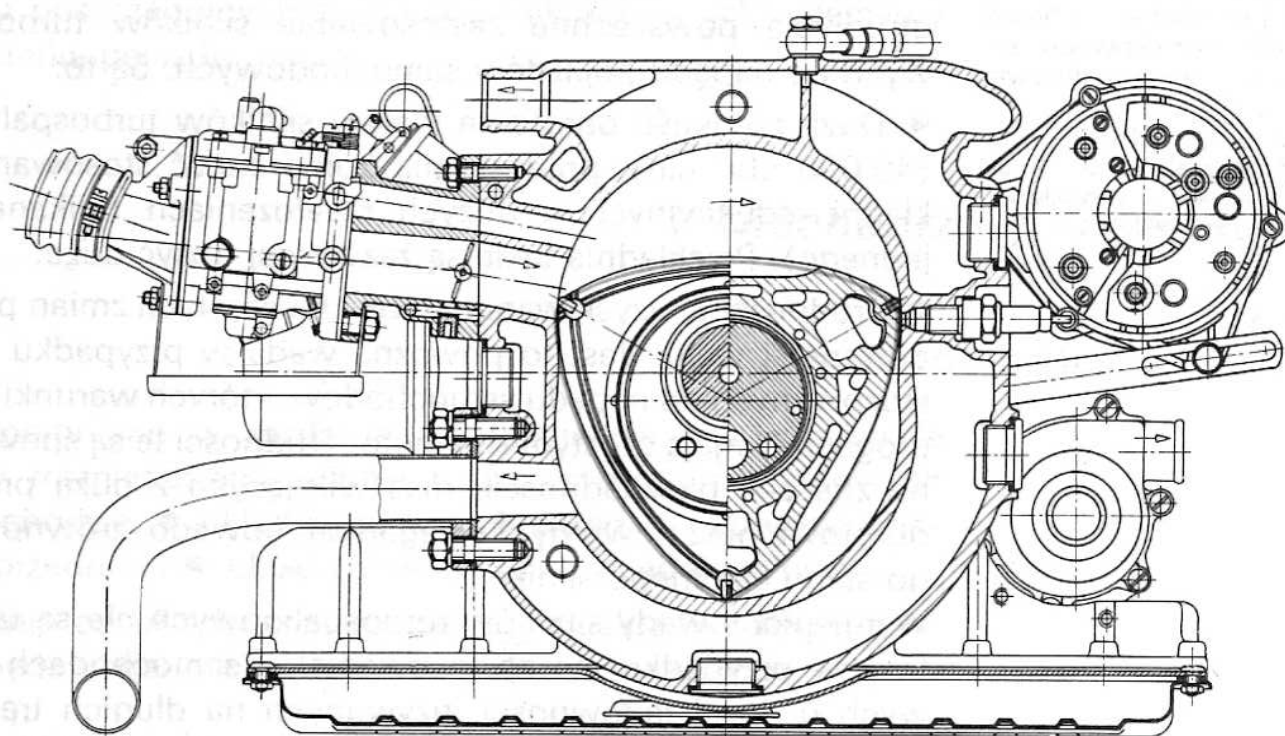
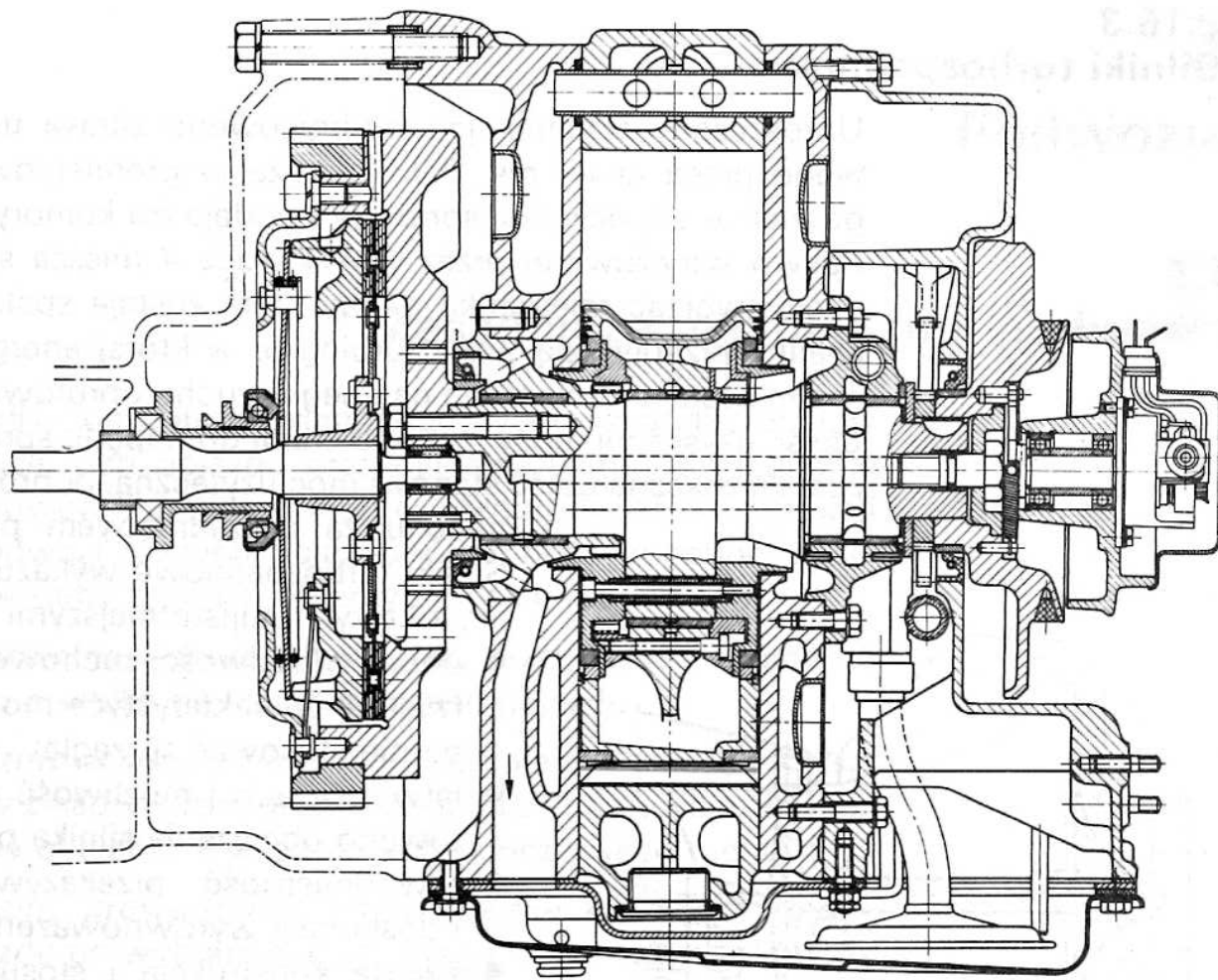
- *Faza III.* W komorze *B* nastąpiło największe sprężenie mieszanki; między elektrodami świecy pojawia się iskra wywołująca zapłon mieszanki. W komorach *A* i *C* nadal trwają takty dolotu i wylotu.

- *Faza IV.* W komorze *C* dobiega końca takt wylotu. W komorze *A*, po zasłonięciu przez naroże tłoka przewodu dolotowego, rozpocznie się takt sprężania. W komorze *B* trwa takt pracy.

Z opisanego cyklu pracy silnika Wankla widać, że podczas jednego obrotu tłoka trzykrotnie odbywa się takt pracy, kolejno w każdej komorze. Dzieje się to podczas trzech obrotów wału, przeto na każdy obrót wału przypada jeden takt pracy, podobnie jak w silniku dwusuwowym. Zapewnia to równomierną pracę silnika.

Aby zapobiec stratom ciśnienia w komorach roboczych, trzeba uszczelnić tłok w cylindrze. Tłok nie styka się bezpośrednio ze ścianką cylindra; stykają się z nimi umieszczone w narożach tłoka metalowe listwy uszczelniające, dociskane do gładzi cylindra sprężynami. Szybkie zużywanie się tych uszczelnień jest główną przyczyną, dla której silniki Wankla nie stanowią dotychczas skutecznej konkurencji dla tłokowych suwowych silników spalinowych.

Przekrój jednego z produkowanych silników z tłokiem obrotowym przedstawia rys. 2.92. Cylinder silnika oraz obydwie pokrywy boczne są odlewami żeliwnymi, chłodzonymi cieczą. Tłok jest chłodzony przepływającym wewnątrz olejem. Wał korbowy oraz tłok są łożyskowane w łożyskach ślizgowych. Zasadniczymi zaletami silnika Wankla są: łatwość jego wyrównoważenia ze względu na brak elementów wykonujących ruch postępowo-zwrotny oraz brak mechanizmu rozrządu pomimo czterosuwowego cyklu pracy, co w znacznym stopniu upraszcza konstrukcję silnika. Wadę stanowi wciąż jeszcze nie zadowalająca trwałość.

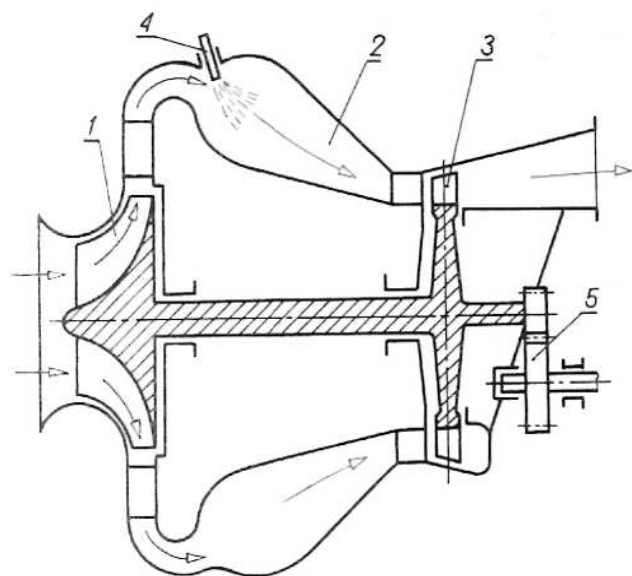


Rys. 2.92
Silnik z tłokiem obrotowym (NSU KKM-612) [7]

2.16.3

Silniki turbospalinowe

Uproszczony schemat jednowirnikowego silnika turbospalinowego przedstawia rys. 2.93. Sprężarka promieniowa 1 zasysa powietrze z otoczenia, spręża je i podaje do komory spalania 2. Paliwo wtryskiwane przez wtryskiwacz 4 miesza się z powietrzem tworząc mieszaninę palną, która zostaje spalona. Gorące spaliny przepływają przez turbinę 3, w której energia ciśnienia spalin zostaje zamieniona na energię ruchu obrotowego wirnika. Część uzyskanej mocy jest pobierana do napędu sprężarki, a pozostała znaczna część stanowi moc użyteczną, doprowadzaną do



Rys. 2.93

Uproszczony schemat jednowirnikowego silnika turbospalinowego [7]

1 — sprężarka, 2 — komora spalania, 3 — turbina, 4 — wtryskiwacz, 5 — przekładnia

napędu za pośrednictwem przekładni 5. Silniki turbospalinowe wykazują wiele zalet, z których najistotniejszymi są:

- dobre właściwości ruchowe; dzięki korzystnej charakterystyce momentu można nie stosować sprzęgła;
- łatwy rozruch i możliwość natychmiastowego obciążenia silnika pełną mocą;
- równomierność przekazywania mocy i doskonałe wyrównoważenie;
- zwarta konstrukcja i stosunkowo niewielki ciężar;
- niewrażliwość na jakość paliwa;
- mniejsza zawartość składników toksycznych w spalinach.

Zaletom tym należy przeciwstawić dwie zasadnicze wady, które utrudniają powszechne zastosowanie silników turbospalinowych do napędu pojazdów samochodowych. Są to:

- Duża prędkość obrotowa wałów silników turbospalinowych (40 000 obr/min), powodująca konieczność stosowania przekładni redukcyjnych o dużych przełożeniach (kilkanaście do jednego). Przekładnie takie są zazwyczaj dosyć duże.
- Trudności w uzyskiwaniu szybkich i częstych zmian prędkości obrotowej wału. Jest to poważna wada w przypadku silników stosowanych do napędu samochodów, których warunki jazdy po drogach ulegają częstym zmianom. Trudności te są spowodowane znaczną bezwładnością mas wirujących z dużą prędkością obrotową oraz powolnym osiągnięciem nowego, zrównoważonego stanu cieplnego silnika.

Wymienione wady silników turbospalinowych nie są tak uciążliwe w przypadku ich zastosowania w samochodach ciężarowych o dużej ładowności, używanych na długich trasach, na których poruszają się na ogół ze stałą prędkością. W takich też pojazdach najczęściej spotyka się silniki turbospalinowe.

3.1

Zasadnicze mechanizmy podwozia

W skład podwozia pojazdu samochodowego wchodzi zespół umożliwiający ruch pojazdu oraz manewrowanie nim zgodnie z wolą kierowcy. Pomimo znacznej różnorodności konstrukcji w skład podwozi różnych pojazdów wchodzi podobne, spełniające takie same zadania, zespoły i mechanizmy. Są to:

- *Mechanizmy napędowe*, służące do przenoszenia momentu obrotowego z silnika na koła napędzane pojazdu.
- *Mechanizmy nośne i jezdne*, które zespalają w całość wszystkie elementy z nadwoziem, umożliwiają toczenie się pojazdu oraz przenoszenie obciążeń występujących podczas jego ruchu.
- *Mechanizmy prowadzenia*, umożliwiające kierowcy prowadzenie pojazdu po wybranym przez niego torze i z kontrolowaną przez niego prędkością. Są to układy kierowniczy i hamulcowy.

Poza wymienionymi, zasadniczymi zespołami i mechanizmami, w samochodzie znajduje się jeszcze wiele drobnych urządzeń, którymi kierowca posługuje się podczas jazdy. Urządzeń tych nie traktuje się jednak jako osobne mechanizmy, lecz zalicza się je do osprzętu poszczególnych zespołów, traktując je jako elementy wyposażenia pojazdu.

3.2

Mechanizmy napędowe

3.2.1

Wiadomości wstępne

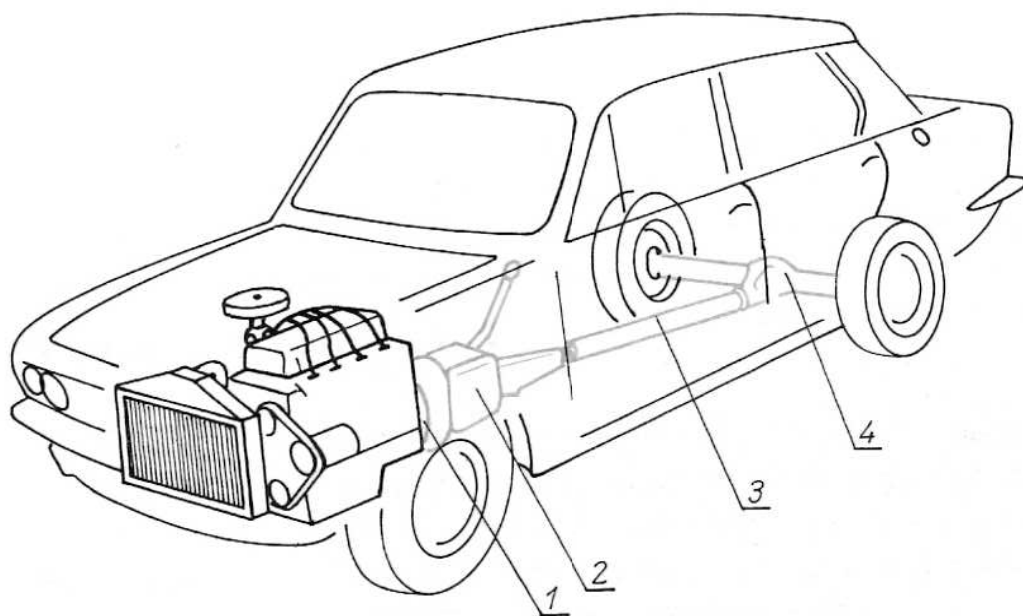
Jak wspomniano w rozdziale 1, stosuje się trzy zasadnicze sposoby rozmieszczenia silnika i mechanizmów napędowych w samochodzie: ● układ klasyczny, ● układ zblokowany z napędem przednim i ● układ zblokowany z napędem tylnym.

Niezależnie od układu konstrukcyjnego w skład każdego układu napędowego wchodzi następujące zasadnicze zespoły (rys. 3.1):

- sprzęgło 1;
- skrzynka biegów 2;

Rys. 3.1

Zasadnicze zespoły układu napędowego
1 — sprzęgło, 2 — skrzynka biegów, 3 — wały napędowe, 4 — przekładnia główna z mechanizmem różnicowym



- przekładnia główna z mechanizmem różnicowym 4;
- półosie napędowe, przekazujące moment obrotowy z przekładni głównej do kół.

W układzie klasycznym jest ponadto wał napędowy 3, przenoszący napęd z zespołów umieszczonych z przodu pojazdu do przekładni głównej — z tyłu pojazdu. W układach zablokowanych, w których skrzynka biegów jest bezpośrednio połączona z przekładnią główną, wał napędowy jest zbędny.

3.2.2

Konieczność stosowania przełożeń

Na znajdujący się w ruchu pojazd działają zawsze dwie, znajdujące się w równowadze siły: ● *siła napędowa* F oraz ● *siła oporów ruchu pojazdu* F_o .

Siła napędowa F , działająca na koła napędzane samochodu, powstaje w wyniku ich obracania momentem napędowym przenoszonym od silnika do kół pojazdu przez mechanizmy napędowe. Siła ta (rys. 3.2) działa zawsze w kierunku ruchu pojazdu.

$$F = \frac{M_k}{r_k}$$

gdzie: M_k — moment napędowy na kole;
 r_k — promień koła.

Siła napędowa działająca na samochód jest sumą sił napędowych działających na wszystkie koła napędzane.

Siła oporów ruchu jest sumą następujących składników:

- *oporów toczenia*, wynikających ze współpracy ogumionych kół pojazdu z nawierzchnią drogi,
- *oporów powietrza*, wywołanych parciem powietrza na powierzchnię czołową pojazdu podczas jego ruchu;

- *oporów wzniesienia*, działających na pojazd podczas jazdy pod górę;
- *oporów bezwładności*, działających wtedy, gdy pojazd porusza się ruchem przyspieszonym.

Wartość momentu, który trzeba przyłożyć do kół napędzanych samochodem, zależy od chwilowych oporów ruchu pojazdu.

Rozważając wartości, jakie może osiągnąć prędkość obrotowa silnika n oraz odpowiadający jej zakres momentu obrotowego silnika M_o , łatwo stwierdzić, że wartości te nie odpowiadają zakresowi prędkości obrotowej kół samochodu ani zakresowi momentu M_k , potrzebnego do pokonania oporów ruchu. Prędkość obrotowa n silnika jest kilkakrotnie większa od prędkości obrotowej kół napędzanych n_k , natomiast moment obrotowy silnika M_o jest kilkakrotnie mniejszy od momentu na kołach, potrzebnego do pokonania oporów ruchu przy stałej prędkości pojazdu.

Niezbędne jest więc zwiększenie momentu obrotowego silnika, przy jednoczesnym zmniejszeniu prędkości obrotowej. Uzyskuje się to przez zastosowanie *przekładni głównej*, stanowiącej jeden z mechanizmów przeniesienia napędu. Dzięki temu moment na kołach i prędkość obrotowa kół wynoszą odpowiednio:

$$M_k = M_o \cdot i_s$$

gdzie: i_s — stałe przełożenie przekładni głównej,

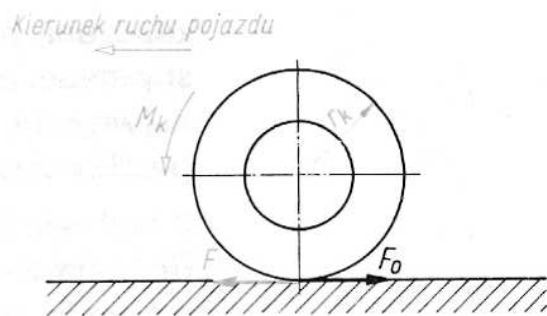
$$n_k = \frac{n}{i_s}$$

Wykres siły napędowej i siły oporów ruchu w zależności od prędkości jazdy przedstawiono na rys. 3.3. Kształt krzywej siły napędowej jest w zasadzie zgodny z kształtem krzywej momentu obrotowego silnika, a wartości tej siły obliczono wg zależności

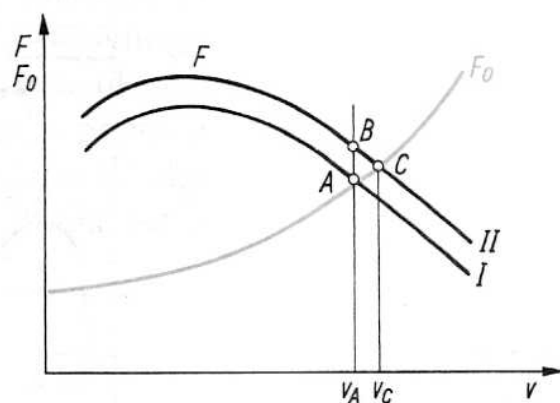
$$F = \frac{M_o \cdot i_s}{r_k}$$

Krzywe I i II odpowiadają wartościom sił napędowych przy dwóch stanach obciążenia silnika, tzn. przy dwóch położeniach pedału przyspiesznika (tzw. pedału „gazu”).

W przypadku krzywej I siła napędowa równoważy siłę oporów ruchu przy prędkości v_A (przecięcie się krzywych w punkcie A). Zwiększenie obciążenia silnika (dodanie „gazu”) spowoduje przejście na krzywą II (punkt B). Siła napędowa przewyższy opory ruchu i pojazd przyspieszy osiągając prędkość v_C , wy-



Rys. 3.2
Siła napędowa

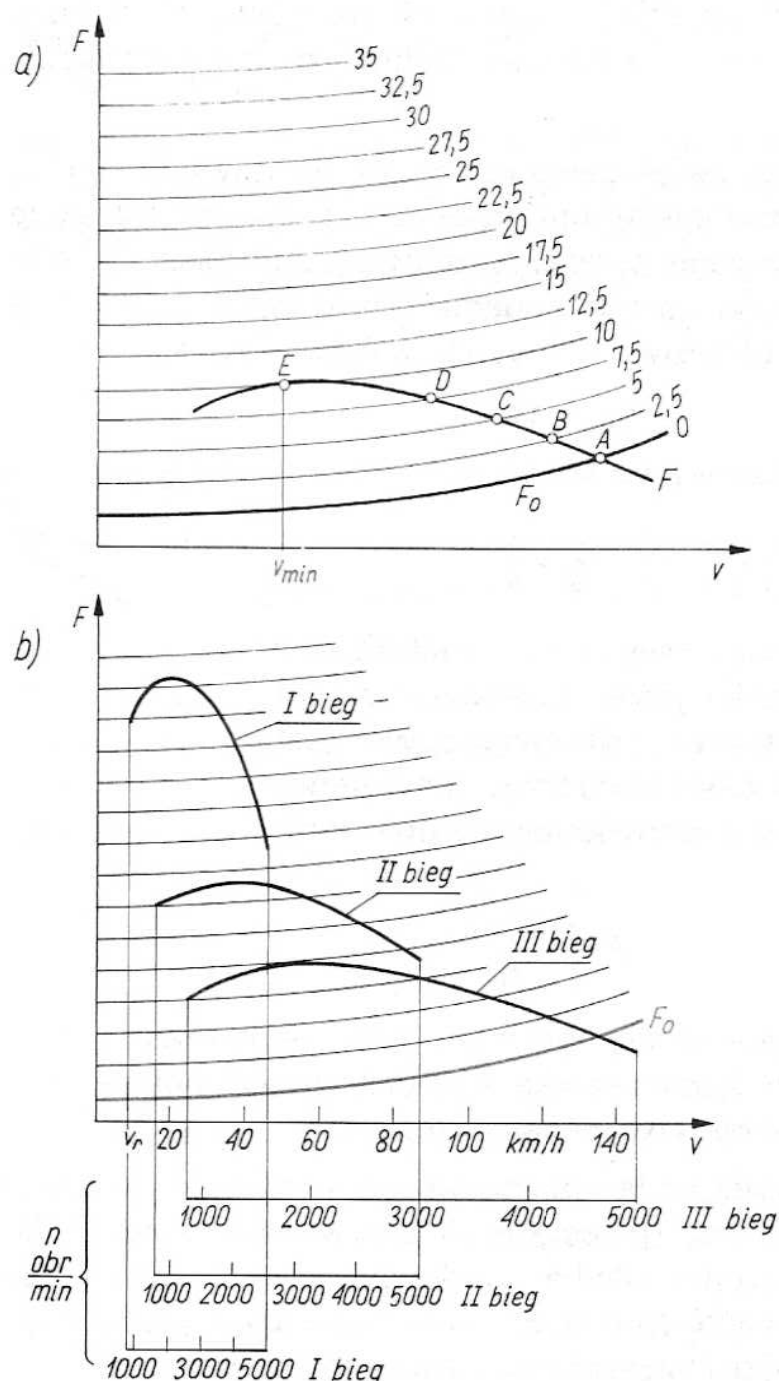


3.3
Wykres sił napędowych i sił oporów ruchu

znaczoną punktem C . Punkt C ilustruje nowy stan równowagi siły napędowej i sił oporów ruchu. Jeżeli krzywa $//$ wyznacza największą możliwą do uzyskania siłę napędową, to v_c jest prędkością maksymalną pojazdu w danych warunkach jazdy.

Z wykresu (rys. 3.3) widać także, że jakkolwiek zmiana oporów ruchu powoduje (przy nie zmienionym obciążeniu silnika) zmianę prędkości jazdy.

Jeżeli teraz, w warunkach jazdy określonych wykresem z rys. 3.3, samochód będzie zmuszony do pokonania narastającego wzniesienia drogi, wzrastające opory ruchu będą powodować coraz wyższe położenie krzywej oporów ruchu. Na rysunku 3.4a zmienne wzniesienie drogi przedstawia pęk krzywych oporów ruchu. Wartości wzniesienia są podane w procentach. Ze wzrostem oporów ruchu (wzrost pochyłości drogi) maleje prędkość,



Rys. 3.4
Wykres sił napędowych i sił oporów ruchu:
a) zmiana oporów wzniesienia, b) zmiana siły napędowej na różnych biegach

przy której zachodzi równowaga między siłą napędową i siłą oporów ruchu (punkty *A*, *B*, *C*, *D*), a więc maleje prędkość samochodu. Punkt *E* wyznacza najmniejszą prędkość, przy której jest jeszcze możliwa równowaga tych sił. Przy jeszcze mniejszej prędkości jazdy lub przy jeszcze większych oporach ruchu niedobór siły napędowej (niedobór momentu) na kołach spowoduje zatrzymanie się pojazdu.

Zapobiega temu zastosowanie *skrzynki biegów* zapewniającej odpowiednie dodatkowe przełożenie (rys. 3.4*b*). Zwiększenie przełożenia między silnikiem a kołami powoduje wzrost momentu na kołach kosztem zmniejszenia prędkości obrotowej kół, czyli kosztem zmniejszenia prędkości jazdy (krzywa II biegu). Pomimo zmniejszenia prędkości jazdy silnik nadal pracuje w nie zmienionym zakresie prędkości obrotowej. Ponowne zwiększenie przełożenia (krzywa I biegu) powoduje znaczne zmniejszenie zakresu prędkości jazdy, lecz równie znacznie zwiększa siłę napędową pojazdu. Krzywa III biegu określa siłę napędową na najwyższym biegu, czyli zazwyczaj bez zmiany przełożenia (tzw. bieg bezpośredni). Na tym biegu warunki jazdy są takie, jakby silnik był połączony z przekładnią główną z pominięciem skrzynki biegów.

Zastosowanie zmiennych przełożeń w układzie napędowym znakomicie ułatwia ruszanie i rozpędzanie pojazdu, umożliwiając znaczne zwiększenie siły napędowej przy niewielkich prędkościach jazdy. Użycie podczas ruszania I biegu (w warunkach przedstawionych na rys. 3.4*b*) zapewnia możliwość całkowitego sprzęgnięcia wału korbowego silnika z dalszą częścią układu napędowego (bez poślizgu sprzęgła) już przy prędkości pojazdu około 8 km/h, podczas gdy sprzęgnięcie takie na III biegu byłoby możliwe dopiero przy prędkości około 25 km/h. Dzięki temu sprzęgło pracuje w znacznie lepszych warunkach.

3.2.3 Sprzęgła

Zadania sprzęgła. Sprzęgło służy do odłączania wału korbowego silnika od dalszych zespołów układu napędowego oraz do płynnego sprzęgania go z tymi zespołami. Sprzęgła używamy podczas ruszania pojazdu (w zakresie prędkości od 0 do v_r na rys. 3.4) oraz podczas dokonywania zmiany przełożeń w skrzynce biegów.

Ze względu na bezwładność pojazdu oraz ograniczoną siłę napędową i ograniczoną przyczepność kół do nawierzchni drogi osiągnięcie prędkości v_r wymaga pewnego czasu. W tym czasie kierowca włącza sprzęgło, doprowadzając stopniowo do kół

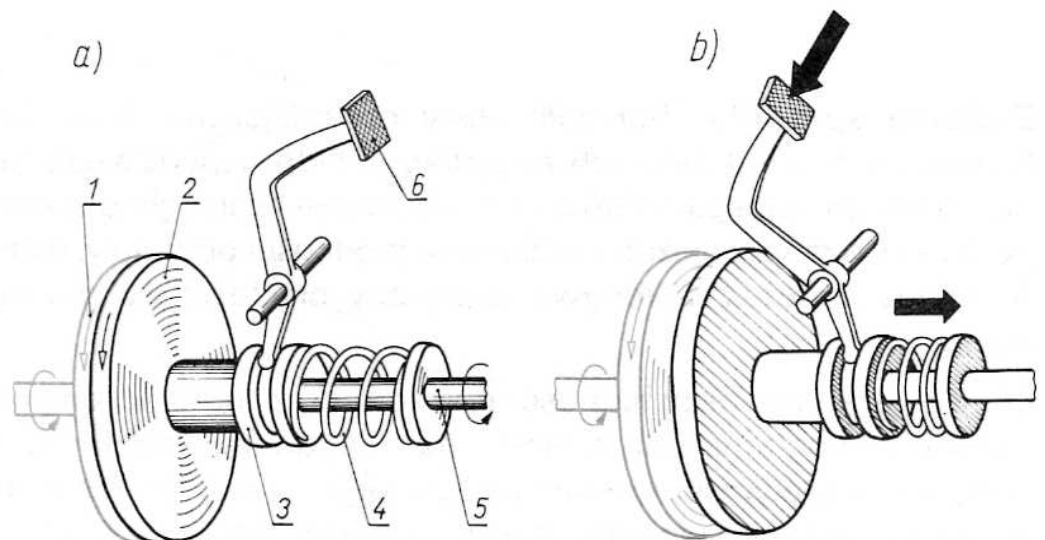
napędzanych taką ilość energii, która wystarcza do wprowadzenia pojazdu w ruch i wyrównania się prędkości obrotowych elementów napędzających i napędzanych. Dopiero wtedy następuje całkowite sprzęgnięcie silnika z kołami.

Sprzęgła używa się także do odłączenia silnika od kół podczas zatrzymywania pojazdu, gdy prędkość obrotowa silnika maleje do prędkości biegu jałowego.

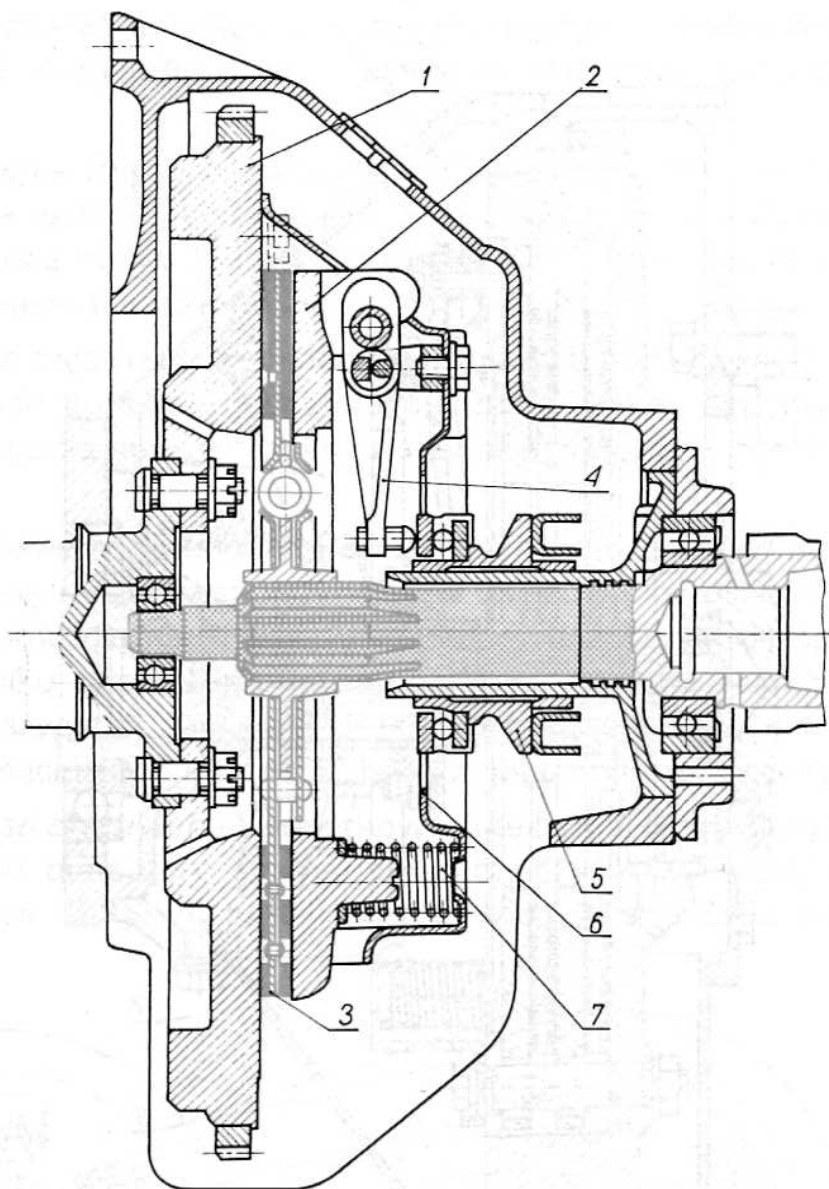
Dodatkowym, bardzo istotnym, zadaniem sprzęgła jest zabezpieczenie mechanizmów układu napędowego przed nadmiernym obciążeniem. Obciążenie takie może powstać w wyniku nagłej zmiany prędkości obrotowej mas wirujących silnika i mas napędzanych w układzie napędowym (podczas gwałtownego ruszania, nagłego hamowania itp.), co wywołuje momenty dynamiczne niekiedy znacznie przekraczające wartość momentu obrotowego silnika.

Sprzęgła cierne. W pojazdach samochodowych najpowszechniej są stosowane sprzęgła cierne, które przenoszą napęd dzięki siłom tarcia występującym między napędzającymi i napędzanymi elementami sprzęgła.

Zasadę działania *sprzęgła ciernego tarczowego* ilustruje uproszczony rys. 3.5. Tarcza 1 jest osadzona na wale korbowym silnika i zazwyczaj stanowi ją koło zamachowe. Tarcza sprzęgła 2 jest osadzona przesuwnie na wałku sprzęgłowym skrzyni biegów 5. Naciśnięcie pedału sprzęgła 6, którego dźwignia dolna przesuwą tuleję sprężelową 3 połączoną z tarczą sprzęgła 2, powoduje przesunięcie tej tarczy. Sprężyna 4 dociska obydwie tarcze do siebie, a występująca na ich styku siła tarcia umożliwia przeniesienie momentu obrotowego (sprzęgło jest włączone). Nacisk na pedał sprzęgła powoduje odsucenie tarczy sprzęgła. Tarcza ta, a wraz z nią dalsze elementy układu napędowego, może teraz wirować niezależnie od wału korbowego silnika lub pozostawać w spoczynku przy pracującym silniku.



Rys. 3.5
Zasada działania sprzęgła ciernego: a) sprzęgło włączone, b) sprzęgło wyłączone
1 — tarcza połączona z wałem korbowym silnika, 2 — tarcza sprzęgnięta z układem napędowym, 3 — tuleja wyciskowa, 4 — sprężyna, 5 — wałek sprzęgłowy skrzynki biegów, 6 — pedał sprzęgła



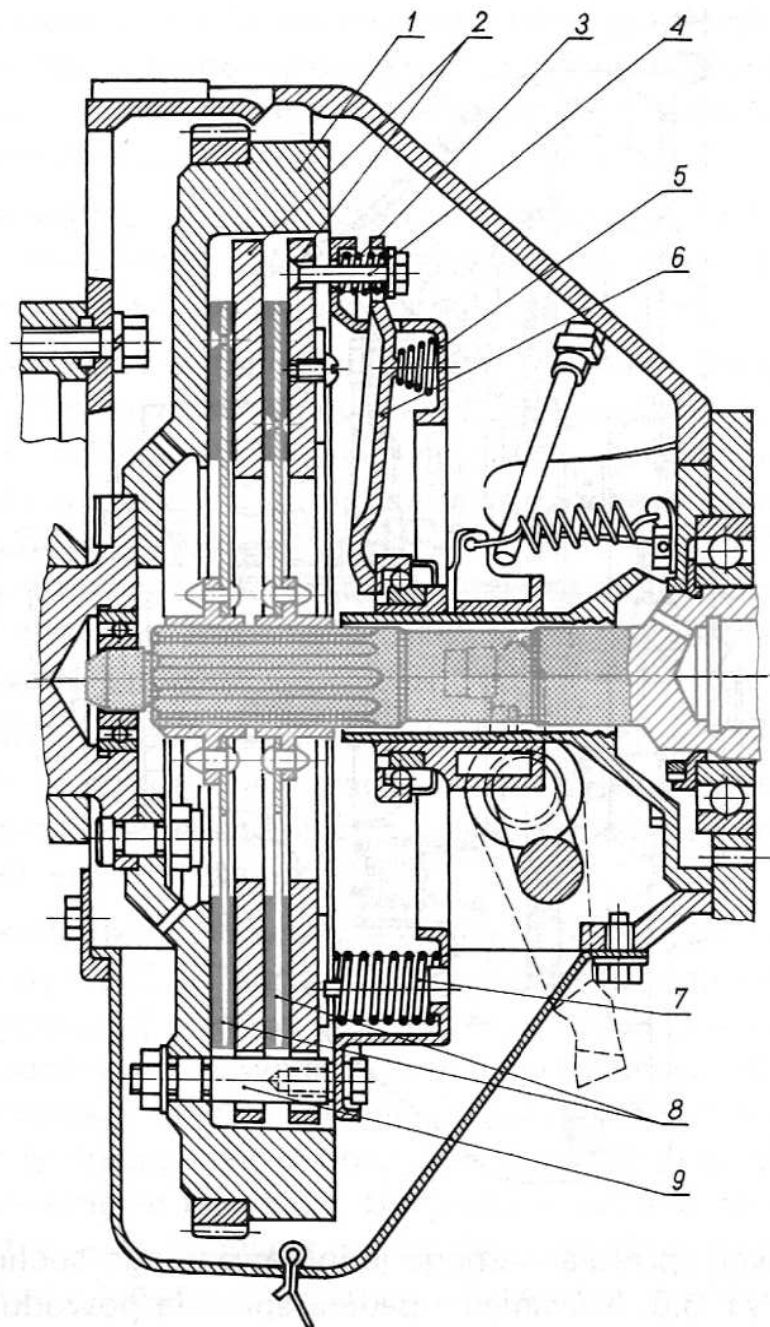
Rys. 3.6

Przykład konstrukcji sprzęgła ciernego jednotarczowego [11]

1 — koło zamachowe, 2 — tarcza dociskowa, 3 — tarcza sprzęgła, 4 — dźwignienki, 5 — tuleja wyciskowa, 6 — pokrywa sprzęgła, 7 — sprężyny dociskowe

Przykład konstrukcji sprzęgła ciernego jednotarczowego suchego przedstawia rys. 3.6. Naciśnięcie pedału sprzęgła powoduje przesunięcie tulei wyciskowej 5 w lewo. Tuleja ta naciska dźwignienki 4 za pośrednictwem łożyska tocznego oporowego. To powoduje przesunięcie w prawo tarczy dociskowej 2 i poluzowanie tarczy sprzęgła 3 osadzonej na wałku sprzęgłowym skrzyni biegów. Teraz wałek sprzęgłowy wraz z tarczą sprzęgłową mogą wirować niezależnie od wału korbowego silnika. Zwolnienie nacisku na dźwignienki 4 (odciążenie pedału sprzęgła) sprawia, że sprężyny dociskowe 7 ponownie zaciskają tarczę sprzęgłową między kołem zamachowym 1 a tarczą dociskową 2, powodując sprzęgnięcie silnika ze skrzynią biegów.

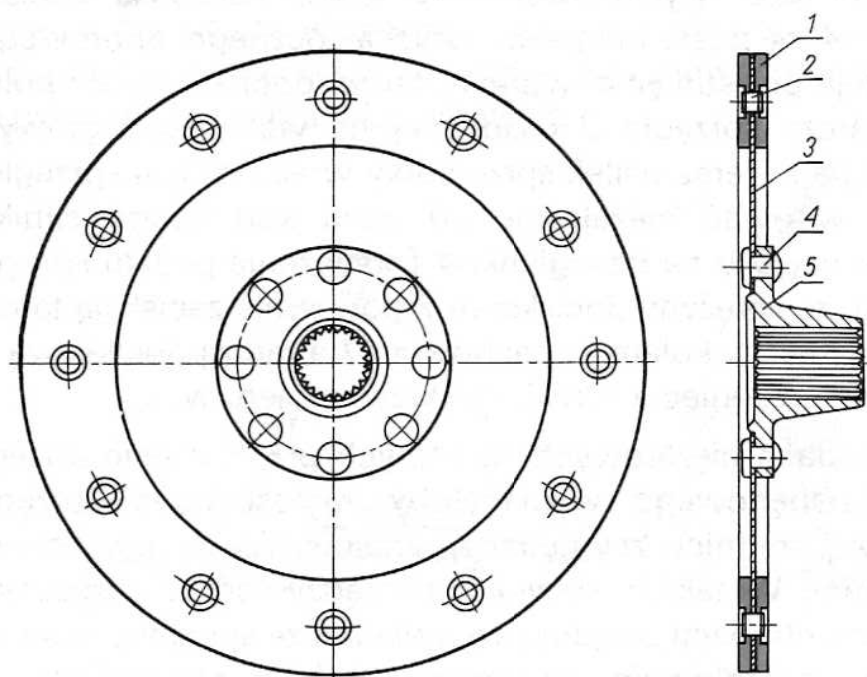
W samochodach ciężarowych, w których przeniesienie dużego momentu napędowego wymagałoby zastosowania sprzęgła o zbyt dużej średnicy zewnętrznej, stosuje się *sprzęgła cierne dwutarczowe*. W takich sprzęgłach między tarczą dociskową a kołem zamachowym znajdują się dwie tarcze sprzęgła, osadzone na wałku sprzęgłowym i oddzielone od siebie pośrednią tarczą



Rys. 3.7

Dwutarczowe sprzęgło
ciernie samochodu ZIL
[11]

1 — koło zamachowe,
2 — tarcze dociskowe,
3 — sprężyna rozpierająca,
4 — sworzeń zderzakowy,
5 — pokrywa sprzęgła,
6 — dźwigienka wyłączająca,
7 — sprężyna dociskowa,
8 — tarcze sprzęgła,
9 — sworznie prowadzące



Rys. 3.8

Tarcza sprzęgła [11]

1 — okładziny cierne, 2 —
nit okładzin, 3 — tarcza
nośna, 4 — nit piasty, 5 —
piasta

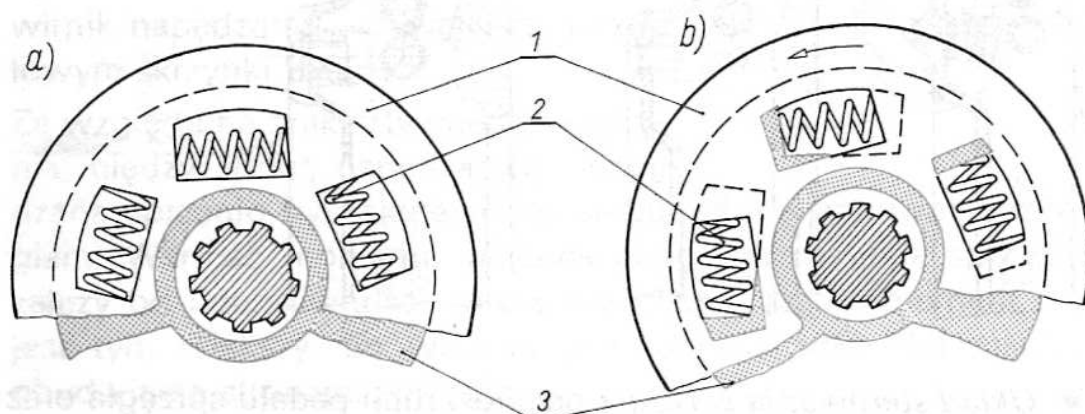
dociskową. Przykład konstrukcji takiego sprzęgła przedstawia rys. 3.7. Niżej omówiono kolejno elementy składowe sprzęgła ciernego.

- **Tarcza sprzęgła** (rys. 3.8) składa się z piasty 5, osadzonej na wielowypuszcie wałka sprzęgłowego, oraz z tarczy nośnej 3, do której za pomocą nitów 2 są przynitowane okładziny cierne 1. Nity 4 łączą piastę z tarczą nośną.

Tarcze sprzęgła często są wyposażone w tłumiki drgań skrętnych. Zadaniem takich tłumików jest zabezpieczenie układu napędowego przed drganiami wywołanymi nagłymi zmianami momentu obrotowego.

- **Okładziny cierne** wykonuje się ze specjalnych materiałów, charakteryzujących się dużym współczynnikiem tarcia, odpornością na ścieranie, odpornością na wysoką temperaturę (ciepło wywołuje się tu w wyniku tarcia) oraz odpornością na znaczne naciski. Materiały te zazwyczaj zawierają duże ilości azbestu oraz wiele dodatków wzmacniających i polepszających przewodność cieplną.

- **Tłumiki drgań skrętnych** to dodatkowe sprężyny 2 o określonej charakterystyce, umieszczone obwodowo między tarczą nośną 1 a piastą 3 (rys. 3.9). W chwili gwałtownego obciążenia na

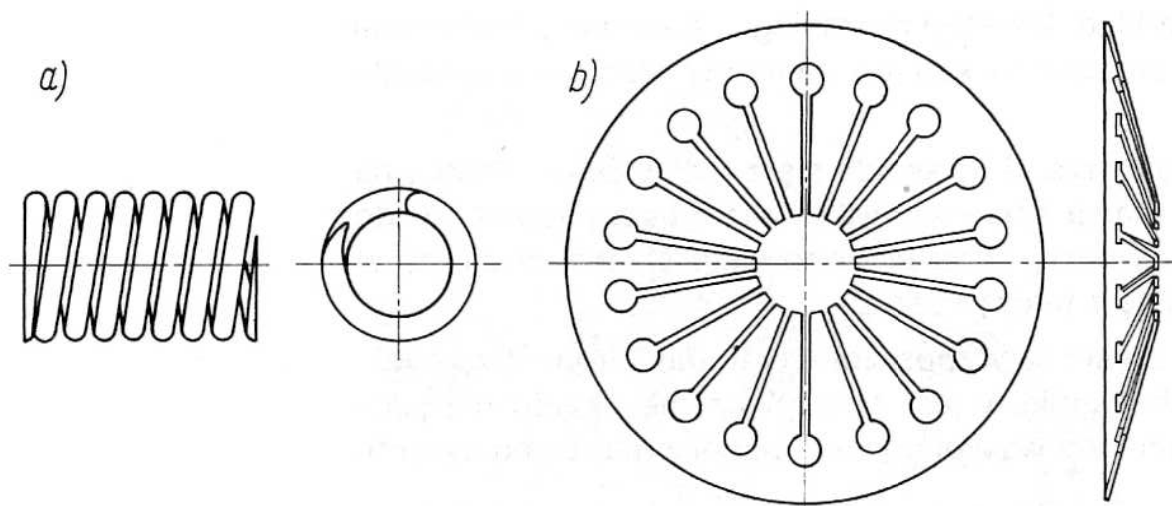


Rys. 3.9
Zasada działania tłumika drgań skrętnych: a) tarcza sprzęgła odciążona, b) tarcza przenosząca moment [11]
1 — tarcza nośna, 2 — sprężyna, 3 — piasta

przykład piasty sprężyny ugną się, amortyzując impuls i przenosząc go na tarczę nośną. Dodatkowymi elementami tłumiącymi są tu zwykle wkładki cierne, umieszczone między tarczą nośną a piastą, które utrudniają względne ruchy tych elementów.

- **Sprężyny dociskające.** Może to być kilka sprężyn śrubowych walcowych o niewielkiej średnicy lub jedna dużej średnicy sprężyna centralna (rys. 3.10).

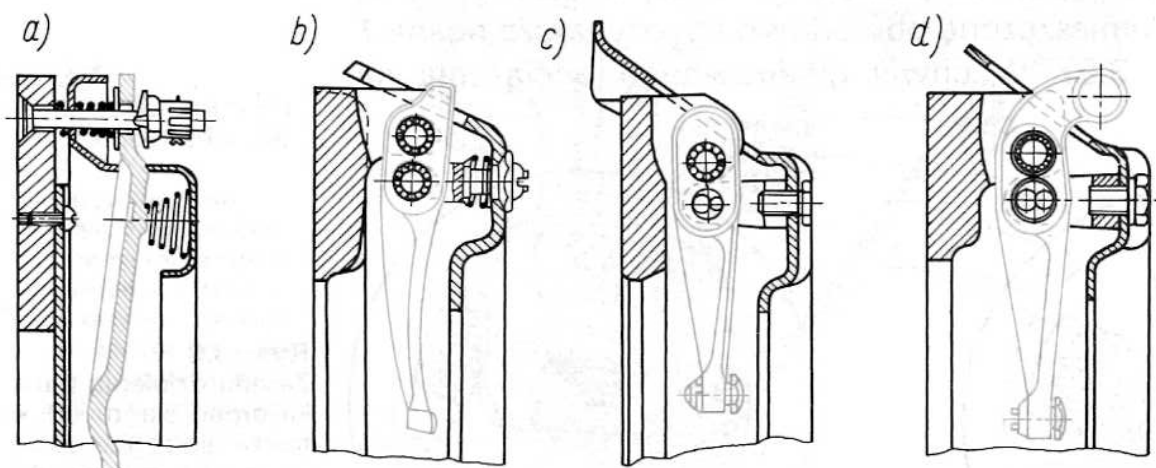
- **Tarcza dociskowa** zwykle jest wykonana z żeliwa. Obraca się z kołem zamachowym, lecz jednocześnie ma możliwość przesuwania się wzdłuż osi sprzęgła w chwili jego wyłączenia. Zapewniają to odpowiednie łączniki sprężyste lub specjalnie w tym celu wykonane nadlewy tarczy współpracujące z rowkami w kole zamachowym.



Rys. 3.10

Sprężyny dociskowe sprzęgła: a) śrubowa walcowa, b) talerzowa [11]

● *Dźwigienki wyłączające* przekazują ruch poosiowy łożyska wyciskowego na tarczę dociskową. Dźwigienki mają różnorodne kształty i są wykonywane jako odlewy, odkuwki lub wytłoczki z blachy stalowej. Przykłady konstrukcji dźwigienek wyłączających przedstawia rys. 3.11a ÷ d.



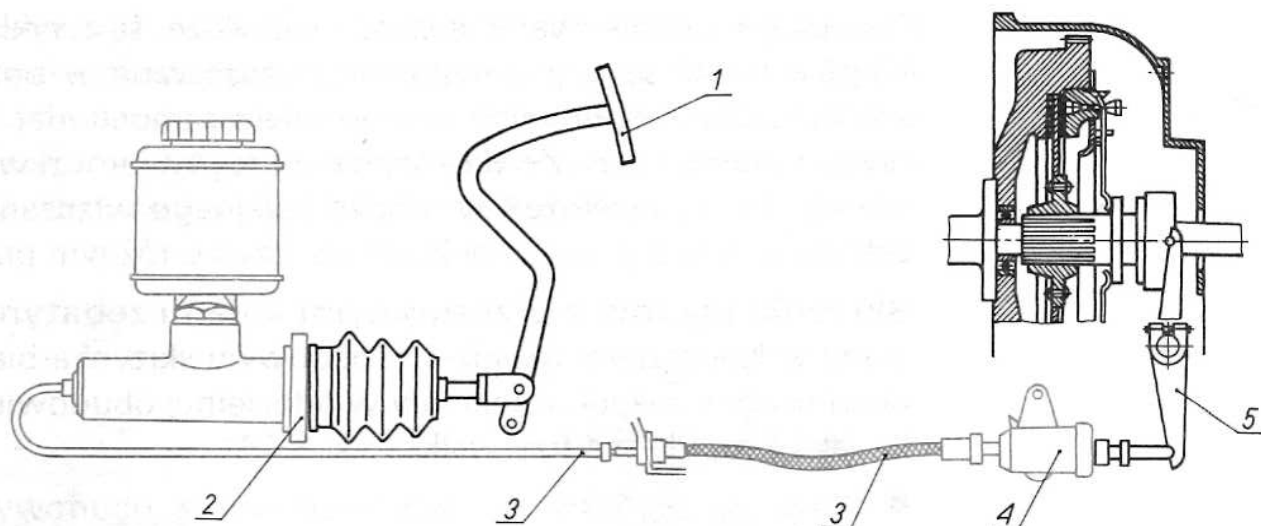
Rys. 3.11

Przykłady konstrukcji dźwigienek wyłączających [11]

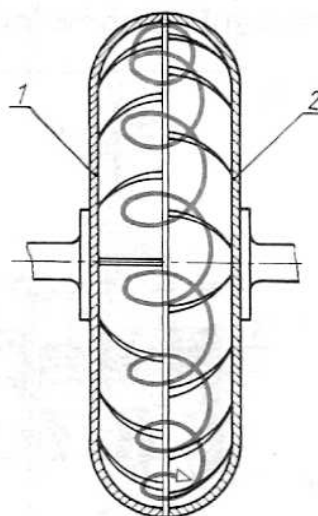
● *Układ sterowania sprzęgła* przenosi ruch pedału sprzęgła oraz przyłożoną do niego siłę na łożysko wyciskowe. Stosuje się dwa rodzaje układów sterowania: mechaniczne i hydrauliczne.

W mechanicznych układach sterowania ruch pedału sprzęgła i siła do niego przyłożona zostają przeniesione na łożysko wyciskowe za pośrednictwem zestawu dźwigni i cięgien.

W hydraulicznych układach sterowania (rys. 3.12) związana z pedałem 1 sprzęgła pompa 2 jest połączona przewodami 3 z siłownikiem 4. Siłownik ten jest sprzężony z dźwignią 5 sterującą położeniem łożyska wyciskowego. Układ jest napełniony cieczą. Naciśnięcie pedału sprzęgła powoduje przesunięcie tłoka w pompie. Ciecz jest przetłaczana do siłownika 4, w którym wywiera parcie na tłok, powodując jego przesunięcie. Tłok siłownika za pośrednictwem dźwigni 5 przesuwają łożysko wyciskowe, wyłączając sprzęgło.



Rys. 3.12
Hydrauliczny układ sterowania sprzęgła [11]
1 — pedał sprzęgła, 2 — pompa, 3 — przewody, 4 — siłownik, 5 — dźwignia



Rys. 3.13
Schemat krążenia cieczy w sprzęgle hydrokinetycznym [11]
1 — wirnik napędzający, 2 — wirnik napędzany

Sprzęgła hydrokinetyczne. Oprócz sprzęgieł ciernych powszechne zastosowanie znalazły sprzęgła hydrokinetyczne, przenoszące napęd dzięki bezwładności cieczy wprawianej w ruch wirowy pomiędzy łopatkami dwóch wirników — napędzającego 1 i napędzanego 2 (rys. 3.13). Wirnik napędzający jest sprzężony z wałem korbowym silnika, natomiast wirnik napędzany — z wałkiem sprzęgłowym skrzynki biegów.

Ze względu na brak sztywnego połączenia między stroną napędzającą i napędzaną sprzęgło hydrokinetyczne pracuje z nieustannym poślizgiem. Wartość momentu przenoszonego przez takie sprzęgło zależy od intensywności wirowania cieczy, przeto moment ten jest tym większy, im większa jest różnica prędkości między obydwoma stronami sprzęgła.

3.2.4 Skrzynki biegów

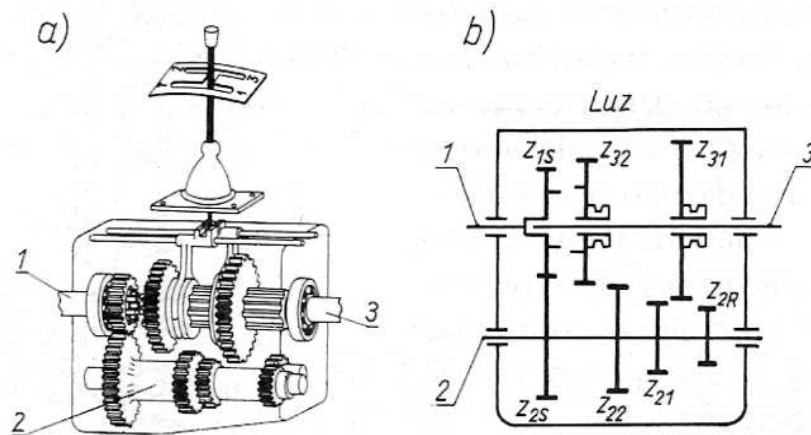
Rodzaje skrzynek biegów. W pojazdach samochodowych są stosowane trzy rodzaje skrzynek biegów, różniące się sposobem sterowania. Są to:

- *Zwykłe skrzynki biegów*, w których wyboru odpowiedniego przełożenia (biegu) oraz jego włączenia dokonuje kierowca.
- *Półautomatyczne skrzynki biegów*, w których kierowca wybiera żądane przełożenie, natomiast jego włączenia dokonuje automat.
- *Automatyczne skrzynki biegów*, w których zarówno dobór najkorzystniejszego w danych warunkach jazdy przełożenia, jak i jego włączanie odbywa się samoczynnie.

Najmniej skomplikowane, a więc i najtańsze, są zwykłe skrzynki biegów, toteż są one powszechnie stosowane w popularnych samochodach osobowych oraz w wielu samochodach ciężarowych i autobusach. Zwykłe skrzynki biegów umożliwiają stopniową zmianę przełożeń w drodze kolejnego włączania par kół zębatach, o różnych liczbach zębów, czyli o różnym przełożeniu.

Skrzynki biegów z przesuwными kołami zębatymi. Stosowana w klasycznym układzie napędowym skrzynka biegów stanowi osobny zespół, zamknięty w oddzielnej obudowie. Skrzynka taka z reguły ma trzy wałki (rys. 3.14):

- *Wałek sprzęgłowy 1*, wyprowadzony z obudowy skrzynki biegów w stronę sprzęgła. Wałek ten służy do wprowadzenia do skrzynki biegów momentu obrotowego odbieranego z silnika.



Rys. 3.14

Skrzynka biegów z przesuwными kołami zębatymi: a) uproszczony rysunek perspektywiczny, b) schemat

1 — wałek sprzęgłowy, 2 — wałek pośredni, 3 — wałek główny

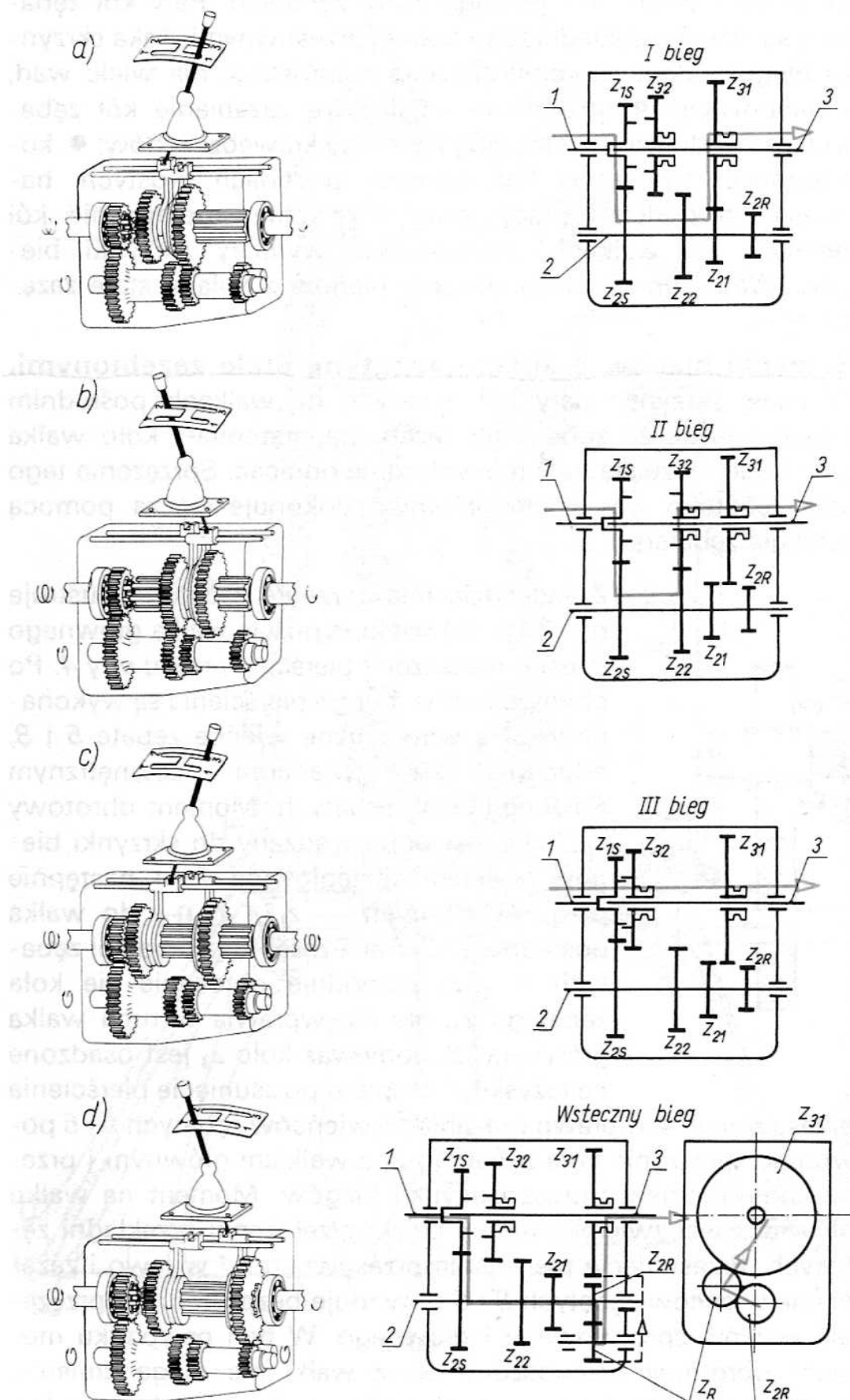
- *Wałek główny 3*, wyprowadzony z obudowy skrzynki biegów w stronę wału napędowego i z nim połączony. Wałek ten służy do wyprowadzenia ze skrzynki biegów momentu obrotowego odpowiednio zwiększonego przez przełożenie.

- *Wałek pośredni 2*, całkowicie zamknięty wewnątrz obudowy skrzynki biegów. Wałek ten pośredniczy w przeniesieniu momentu z wałka sprzęgłowego na wałek główny.

Moment obrotowy odbierany z silnika jest wprowadzany do skrzynki biegów przez wałek sprzęgłowy 1, a następnie — przez parę stale zazębionych kół zębatach Z_{1S} i Z_{2S} — kierowany na wałek pośredni 2. Z tego wałka napęd jest przekazywany na wałek główny 3 przez odpowiednią, kolejno sprzęganą parę kół zębatach. W ten sposób otrzymujemy:

- *Bieg I* — współpracują koła zębatach Z_{21} i Z_{31} (rys. 3.15a).
- *Bieg II* — współpracują koła zębatach Z_{22} i Z_{32} (rys. 3.15b).
- *Bieg III* — bezpośrednie sprzężenie wałka sprzęgłowego 1 z wałkiem głównym 3 (rys. 3.15c). W tym przypadku nie jest użyta żadna z przekładni, więc na wał napędowy jest przekazywany moment obrotowy silnika. Wałek pośredni obraca się swobodnie.

● *Położenie luzu* — nie jest zazębiona żadna z par kół zębatach między wałkami pośrednim i głównym (rys. 3.14a, b). Wałek pośredni obraca się swobodnie, a wałki sprzęgłowy i główny wirują niezależnie od siebie, stosownie do chwilowych wartości prędkości obrotowej silnika i wału napędowego.



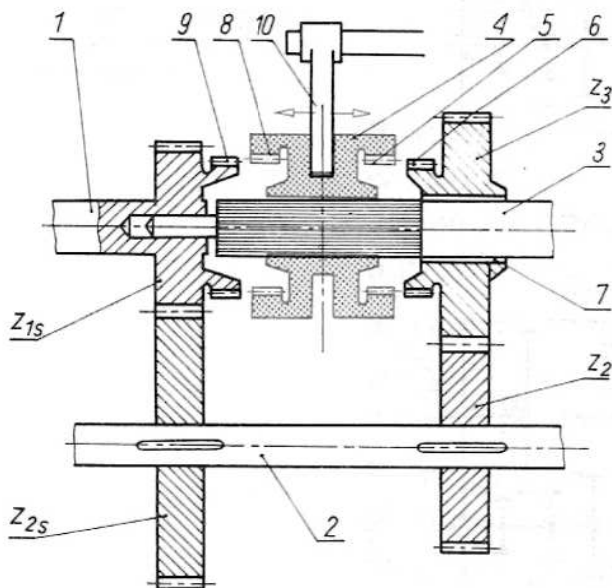
Rys. 3.15
Położenia kół zębatach na poszczególnych biegach: a) bieg I, b) bieg II, c) bieg III, d) bieg wsteczny

● *Bieg wsteczny* — zmiana kierunku wirowania wałka głównego (rys. 3.15d). W tym przypadku konieczne jest dodanie koła zębatego biegu wstecznego z_R . Współpracują koła zębate z_{2R} , z_R i z_{31} .

W omówionej skrzynce biegów zmianę przełożenia uzyskuje się przez przesunięcie jednego z kół zębatych. Pary kół zębatych są zatem przekładniami z kołami przesuwными. Taka skrzynka biegów, chociaż konstrukcyjnie najprostsza, ma wiele wad, a mianowicie: ● utrudnione i hałaśliwe zazębianie kół zębatych, powodujące szybkie zużywanie się krawędzi zębów; ● konieczność stosowania kół zębatych o zębach prostych, hałasujących podczas pracy, oraz ● szerokie rozstawienie kół zębatych na wałkach, zwiększające wymiary skrzynki biegów. Wad tych nie mają skrzynki biegów z kołami stale zazęzionymi.

Skrzynki biegów z kołami zębatymi stale zazęzionymi.

W takiej skrzynce pary kół zębatych na wałkach pośrednim i głównym są ze sobą stale zazęzione, natomiast koło wałka głównego może się na nim swobodnie obracać. Sprzężenia tego koła zębatego z wałkiem głównym dokonuje się za pomocą sprzęgła zębatego.



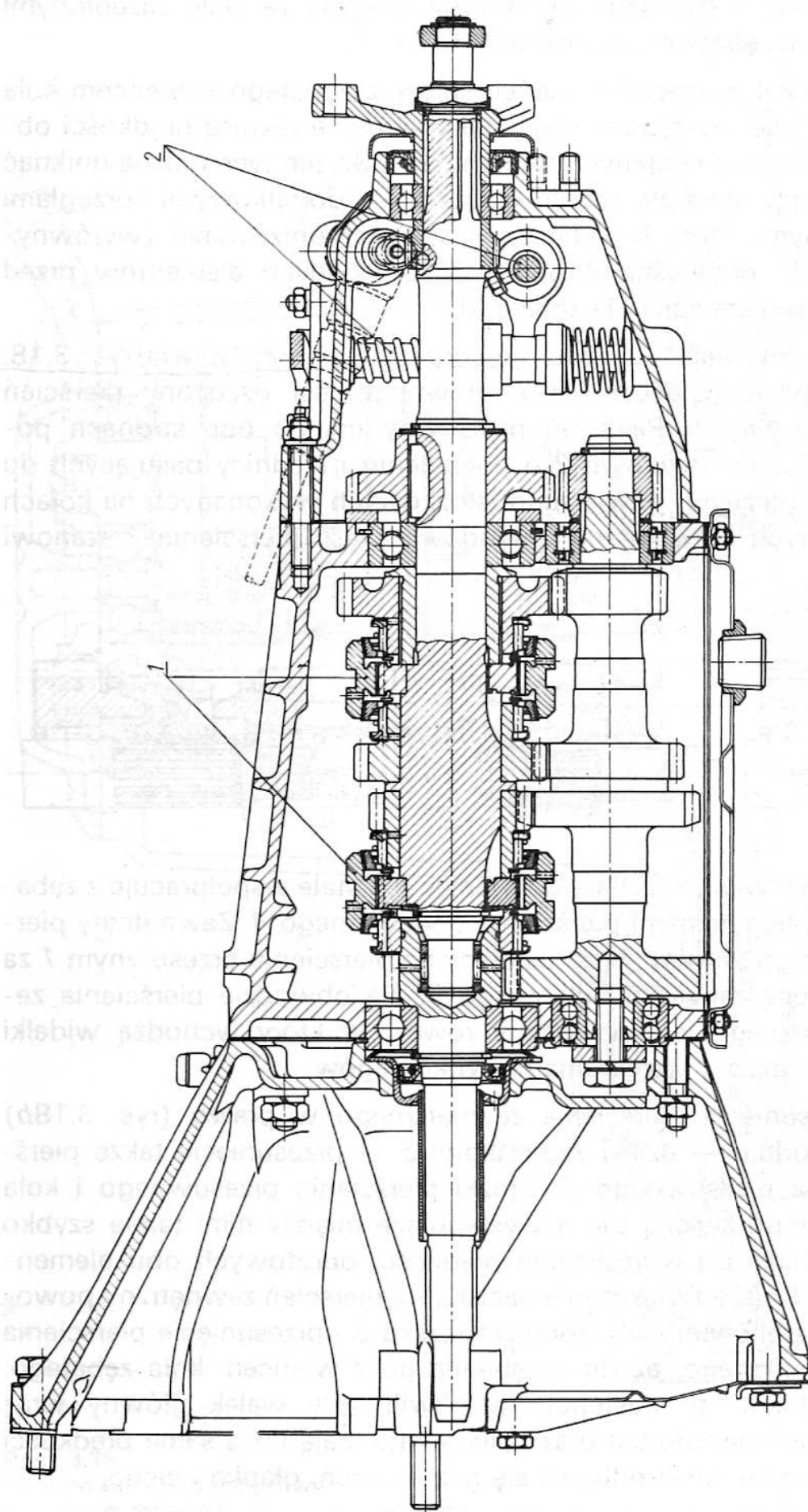
Rys. 3.16

Zasada działania sprzęgła zębatego [11]

1 — wałek sprzęgłowy, 2 — wałek pośredni, 3 — wałek główny, 4 — pierścień przesuwny, 5, 6, 8, 9 — wieniec zębate, 7 — łożysko ślizgowe, 10 — wózek

Zasadę działania *sprzęgła zębatego* ilustruje rys. 3.16. Na wielowypuszczeniu wałka głównego 3 jest umieszczony pierścień przesuwny 4. Po obydwu stronach tego pierścienia są wykonane wąskie wewnętrzne wieniec zębate 5 i 8, odpowiadające wiencom zewnętrznym 6 i 9 na kołach zębatych. Moment obrotowy z silnika jest doprowadzany do skrzynki biegów wałkiem sprzęgłowym 1, a następnie parą kół zębatych — z_{1s} i z_{2s} — do wałka pośredniego 2. Stale zazębiona para kół zębatych z_2 i z_3 powoduje obracanie się koła zębatego z_3 , ale nie wprawia w ruch wałka głównego 3, ponieważ koło z_3 jest osadzone na łożysku 7. Dopiero przesunięcie pierścienia

przesuwного 4 w prawo i zazębianie wienców zębatych 5 i 6 powoduje sprzężenie koła zębatego z_3 z wałkiem głównym i przeniesienie momentu przez skrzynkę biegów. Moment na wałku głównym jest zwielokrotniony dzięki przełożeniu przekładni zębatych. Przesunięcie pierścienia przesuwного 4 w lewo i zazębianie wienców zębatych 8 i 9 powoduje bezpośrednie sprzężenie wałków sprzęgłowego i głównego. W tym przypadku moment obrotowy przenoszony przez wałki nie ulega zmianie, chociaż wszystkie koła zębate skrzynki biegów są stale w ruchu.

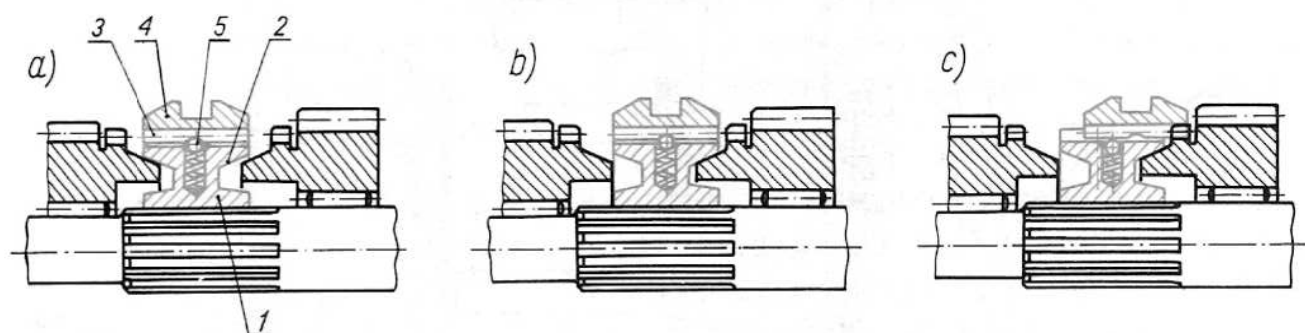


Rys. 3.17
 Skrzynka biegów z kołami zębatymi stale zazębianymi (Polski Fiat 125p) [11]
 1 — synchronizatory, 2 — mechanizm zmiany biegów

Zastosowanie stale zazębionych par kół zębatach umożliwia wykonywanie zębów skośnych, pracujących znacznie ciszej. Przekrój czterobiegowej skrzynki biegów ze stale zazębionymi kołami zębatymi przedstawia rys. 3.17.

W chwili sprzęgania wieńca sprzęgła zębatego z wieńcem koła zębatego występują uderzenia wywołane różnicą prędkości obrotowych sprzęganych elementów. Uderzeń tych można uniknąć stosując sprzęgła zębate połączone z dodatkowymi sprzęgłami ciernymi, których zadaniem jest synchronizowanie (wyrównywanie) prędkości obrotowych sprzęganych elementów przed włączeniem sprzęgła zębatego.

Działanie najprostszego *synchronizatora* przedstawia rys. 3.18. Na wielowypuszcze wałka głównego jest osadzony pierścień przesuwany 1. Pierścień przesuwany ma po obu stronach powierzchnie stożkowe 2 o pochyleniu i średnicy pasujących do analogicznych powierzchni stożkowych wykonanych na kołach zębatych. Zewnętrzna obwodowa część pierścienia 1 stanowi



Rys. 3.18

Działanie najprostszego synchronizatora:

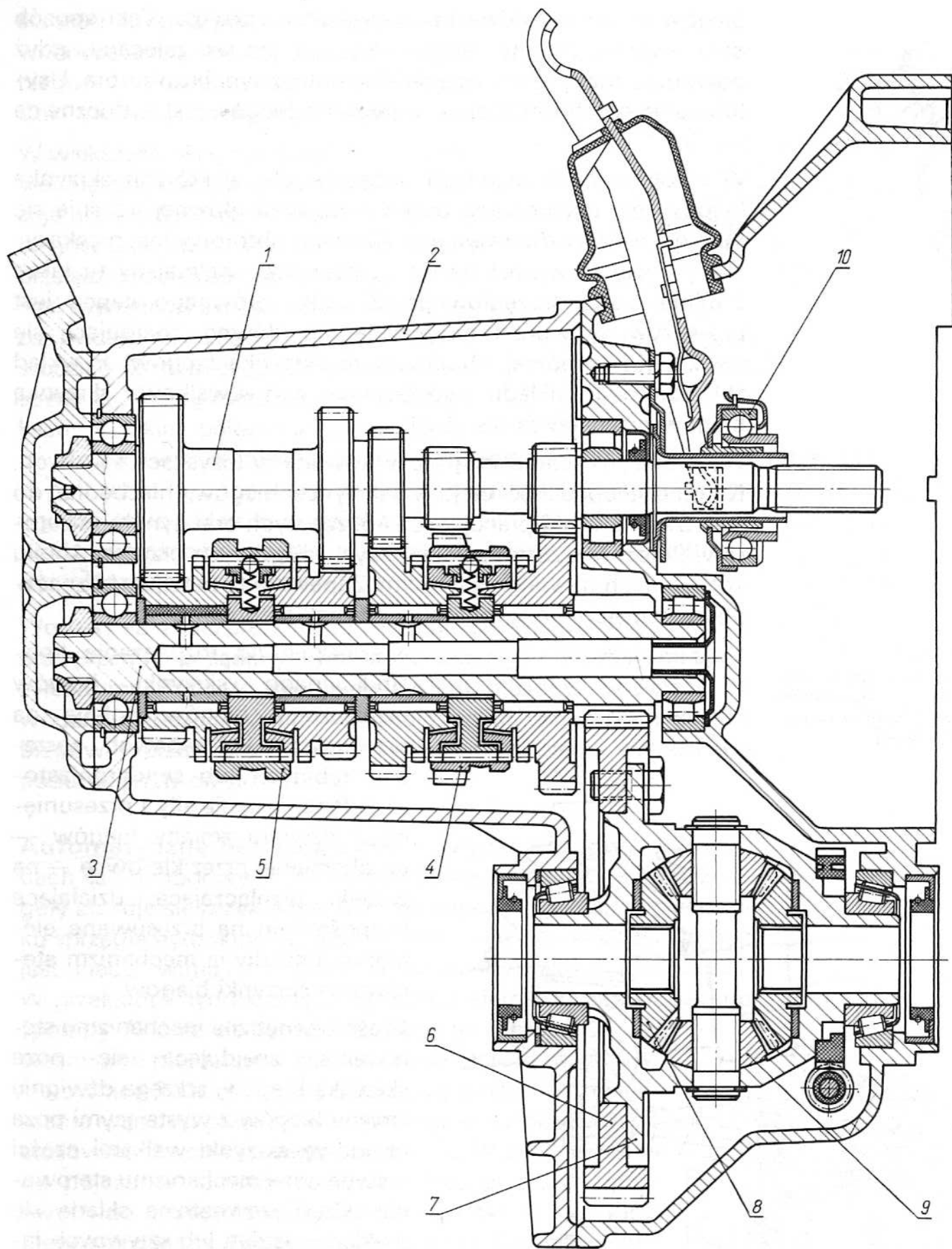
a) położenie neutralne, b) synchronizacja, c) włączony bieg [11]

1 — pierścień przesuwany, 2 — powierzchnie stożkowe, 3 — wieniec zębata, 4 — uzębienie wewnętrzne, 5 — zatrzask kulkowy

szeroki wieniec zębata 3. Wieniec ten stale współpracuje z zębami wewnętrznymi pierścienia zewnętrznego 4. Zewnętrzny pierścień przesuwany 4 jest ustalany na pierścieniu przesuwany 1 za pomocą zatrzasku kulkowego 5. Na obwodzie pierścienia zewnętrznego jest wykonany rowek, w który wchodzi widelki mechanizmu sterowania skrzynki biegów.

Przesunięcie pierścienia zewnętrznego w prawo (rys. 3.18b) powoduje — dzięki zatrzaskowi 5 — przesunięcie także pierścienia przesuwany 1. Stożki pierścienia przesuwany i koła zębate stykają się, a występujące między nimi tarcie szybko prowadzi do wyrównania prędkości obrotowych obu elementów. Dalsze zwiększenie nacisku na pierścień zewnętrzny powoduje pokonanie siły oporu zatrzasku 5 i przesunięcie pierścienia zewnętrznego, aż do zazębienia go z wieńcem koła zębatego. Zazębienie to następuje w chwili, gdy wałek główny wraz z synchronizatorem oraz koło zębata mają takie same prędkości obrotowe, toteż odbywa się bez uderzeń, gładko i cicho.

Stosowane w praktyce synchronizatory są nieco bardziej skomplikowane. Dobry synchronizator umożliwia bez zgrzytu zmianę



Rys. 3.19

Zblokowany układ napędowy

1 — wałek sprzęgłowy, 2 — obudowa skrzynki biegów, 3 — wałek główny, 4 — synchronizator I i II biegu, 5 — synchronizator III i IV biegu, 6 — koło talerzowe przekładni głównej, 7 — obudowa mechanizmu różnicowego, 8 — koło zębate półosi, 9 — satelita, 10 — łożysko wyciskowe sprzęgła

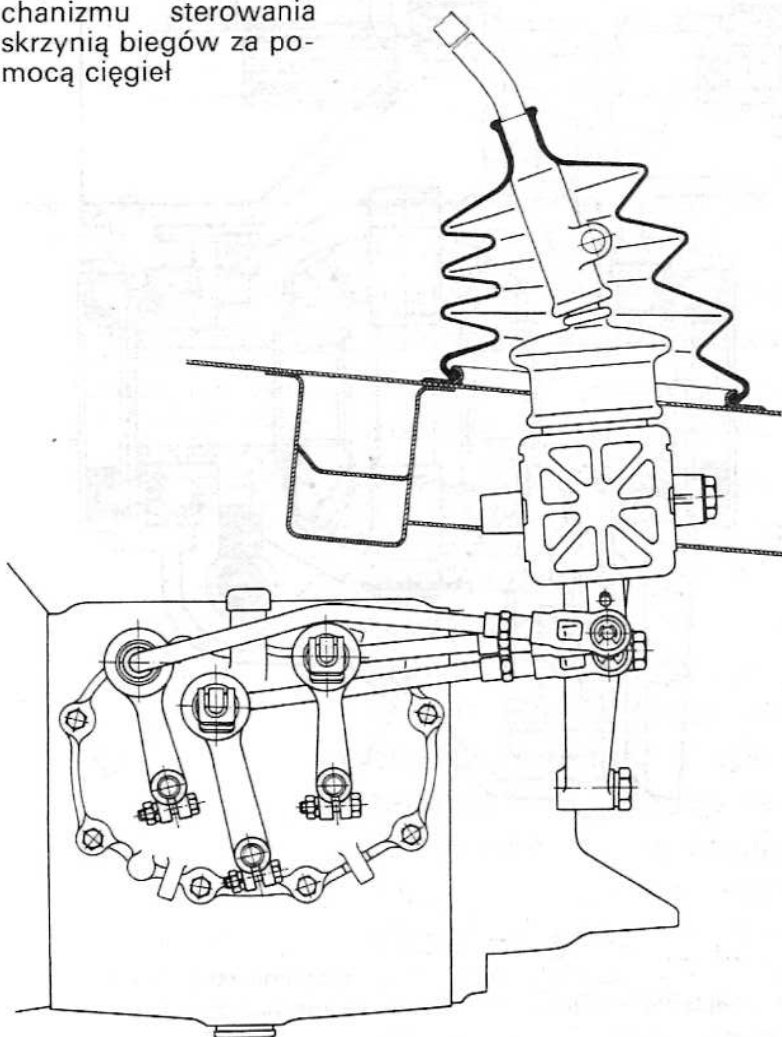
biegów w samochodzie bez wyłączania sprzęgła. Taki sposób dokonywania zmiany biegów nie jest jednak zalecany, gdyż powoduje znaczne obciążenie elementów synchronizatora. Usytuowanie synchronizatorów w skrzynce biegów jest widoczne na rys. 3.17.

W zblokowanych układach napędowych, w których skrzynka biegów jest usytuowana blisko przekładni głównej, stosuje się *skrzynki biegów dwuwałkowe*. Moment obrotowy jest przekazywany z silnika wprost na wałek pośredni, spełniający tu także zadanie wałka sprzęgłowego. Z wałka głównego napęd jest przekazywany wprost na przekładnię główną, znajdującą się zwykle we wspólnej obudowie ze skrzynką biegów. Przykład zablokowanego układu napędowego z dwuwałkową skrzynką biegów przedstawia rys. 3.19.

Wálki skrzynki biegów są ułożyskowane w łożyskach tocznych. Natomiast obecność oleju w skrzynce biegów, niezbędna do smarowania współpracujących kół zębatych oraz synchronizatorów, umożliwia zastosowanie łożysk ślizgowych przy osadzaniu kół zębatych na wálku głównym. Zapewnia to możliwość znacznego zmniejszenia wymiarów skrzynek biegów.

Rys. 3.20

Część zewnętrzna mechanizmu sterowania skrzynią biegów za pomocą cięgieł



Niezależnie od rozwiązania konstrukcyjnego skrzynki biegów przełączanie biegów polega na przesunięciu kół zębatych, sprzęgieł zębatych lub synchronizatorów. Przeniesienie siły i przesunięcia z dźwigni zmiany biegów — uruchamianej przez kierowcę — na widełki przełączające, działające bezpośrednio na przesuwane elementy, umożliwia mechanizm sterowania skrzynki biegów.

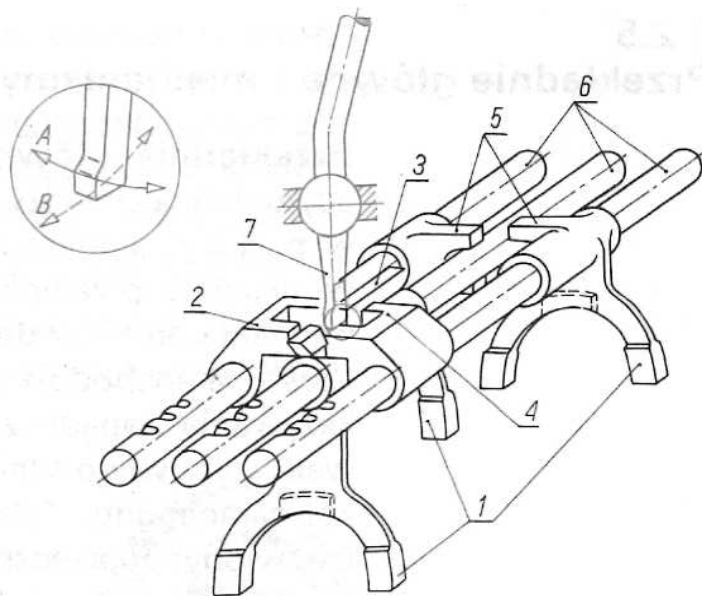
Część zewnętrzna mechanizmu sterowania, znajdująca się poza skrzynką biegów, sprzęga dźwignię zmiany biegów z wystającymi poza obudowę skrzynki wálkami części wewnętrznej mechanizmu sterowania. Część zewnętrzna składa się z układu cięgieł lub sztywnych łączników, ukształtowanych i połączonych stosownie do konstrukcji samochodu i usytuowania w nim skrzynki biegów (rys. 3.20). Niekiedy część zewnętrzną mechanizmu

stanowi tylko dźwignia zmiany biegów, wchodząca wprost do wnętrza skrzynki biegów i poruszająca bezpośrednio wózek mechanizmu wewnętrznego.

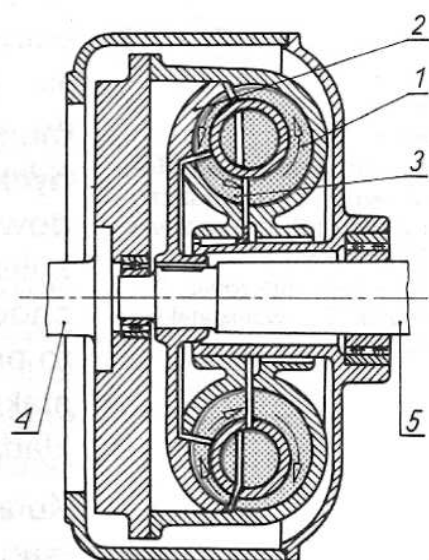
W większości skrzynek biegów jako część wewnętrzną mechanizmu sterowania stosuje się wózkowe mechanizmy zmiany biegów (rys. 3.21). Widelki 1 przesuwają przełączany element (koło zębate, pierścień zewnętrzny synchronizatora itp.). Każde widelki są zamocowane na osobnym wózku 6, również przesuwanym. Przesuwki 2, 3 i 4 są zamocowane na wózkach w takim położeniu, że wchodzący do skrzynki koniec dźwigni sterującej 7, znajdującej się w położeniu luzu, po wprowadzeniu go w ruch w kierunku A może wybrać tylko jeden z wózków. Po wybraniu odpowiedniego wózka można go przesunąć do przodu lub do tyłu (w kierunku B), włączając odpowiadający temu ruchowi bieg.

Wózki są zabezpieczone przed obracaniem się występami 5 oraz przed niepożądanym przesuwaniem się — zatrząskami sprężynowymi. Ponadto specjalny system blokady, działający na wózki, zabezpiecza przed jednoczesnym włączeniem dwóch biegów i przed pomyłkowym włączeniem biegu wstecznego podczas jazdy do przodu.

Automatyczne bezstopniowe skrzynki biegów. W pojazdach samochodowych jako bezstopniowe skrzynki biegów z reguły stosuje się *przekładnie hydrokinetyczne*. Tak jak w przypadku sprzęgła hydrokinetycznego, czynnikiem przenoszącym napęd jest ciecz, wirująca między łopatkami wirników (rys. 3.22). W przekładni hydrokinetycznej oprócz elementu napędzającego (pompy 1) oraz elementu napędzanego (turbiny 2) zastosowano nieruchomy element o kształcie wirnika, tzw. kierownicę 3. Dzięki temu pojawiła się możliwość zwiększania wartości przekazywanego momentu obrotowego stosownie do chwilowego obciążenia. W zastosowaniu do pojazdów samochodowych zakres przełożeń możliwych do uzyskania w przekładni hydrokinetycznej jest niewystarczający. Dlatego zazwyczaj przekładnię hydrokinetyczną łączy się z kilkubiegową mechaniczną skrzynką biegów, w której poszczególne biegi włącza się za pomocą dodatkowego układu automatycznego sterowania. Zespół taki jest nazywany *hydromechaniczną skrzynką biegów*.



Rys. 3.21
Zasada działania wózkowego mechanizmu zmiany biegów [11]
1 — widelki, 2, 3, 4 — przesuwki, 5 — występy zabezpieczające widelki przed obrotem, 6 — wózki, 7 — koniec dźwigni zmiany biegów



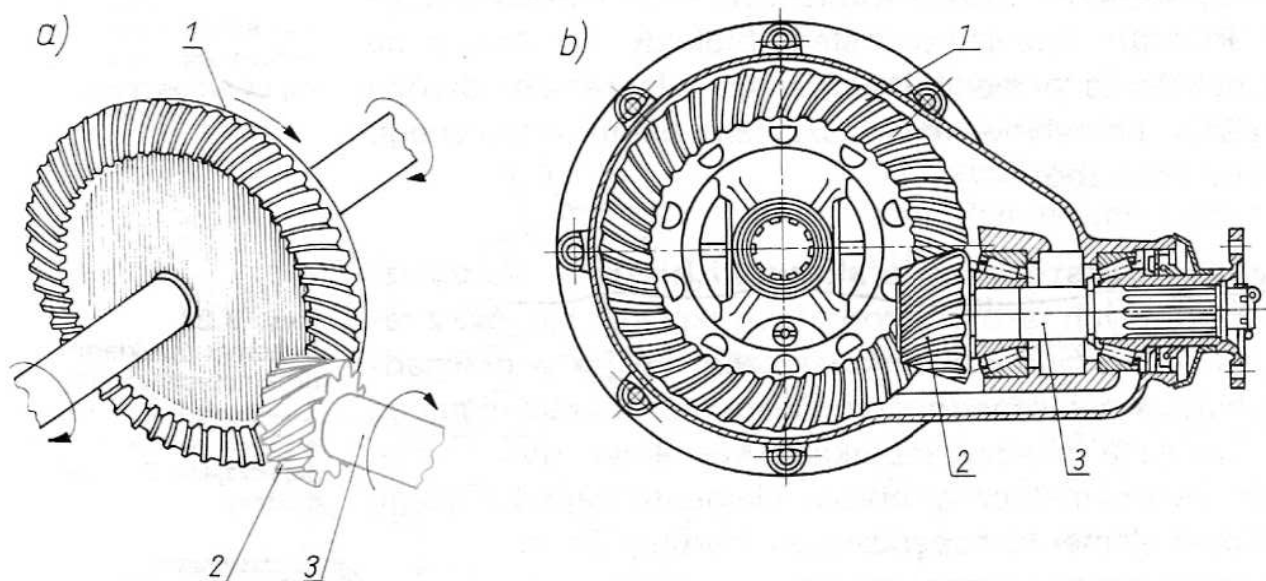
Rys. 3.22
Schemat przekładni hydrokinetycznej [11]
1 — pompa, 2 — turbina, 3 — kierownica, 4 — wał napędzający, 5 — wał napędzany

3.2.5

Przekładnie główne i mechanizmy różnicowe

Przekładnia główna to stale zazębiona przekładnia zębata usytuowana między kołami napędzanymi. Jak wspomniano w p. 3.2.2, jednym z zadań przekładni głównej jest uzyskanie w układzie przeniesienia napędu przełożenia zwiększającego moment obrotowy doprowadzany do kół. Jednocześnie w większości samochodów przekładnia główna zmienia kierunek przekazywania napędu z podłużnego, zgodnego z kierunkiem osi wału korbowego silnika, na poprzeczny, zgodny z kierunkiem osi kół samochodu. Tylko w samochodach, w których silnik jest ustawiony poprzecznie, nie istnieje potrzeba zmiany kierunku przekazywania napędu, ponieważ oś wału korbowego jest równoległa do osi kół. Wówczas przekładnię główną stanowi para walcowych kół zębatach o zębach skośnych, umieszczona we wspólnej obudowie ze skrzynką biegów (rys. 3.19).

W typowych rozwiązaniach konstrukcyjnych przekładnię główną stanowi para stożkowych kół zębatach (rys. 3.23). Mniejsze koło zębate (zębnik) 2 jest wykonane na wałku atakującym 3, otrzy-



Rys. 3.23

Hipoidalna przekładnia główna: a) uproszczony rysunek poglądowy, b) przekrój

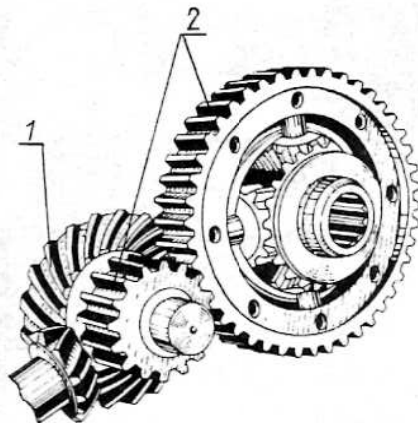
1 — koło talerzowe, 2 — zębnik, 3 — wałek atakujący

mującym napęd ze skrzynki biegów bezpośrednio (w zablokowanych układach napędowych) lub za pośrednictwem wału napędowego (w układzie klasycznym). Duże koło zębate 1, zwane kołem talerzowym, jest osadzone w osi kół napędzanych samochodu. Jeżeli osie obu stożkowych kół zębatach się przecinają, to przekładnię taką nazywa się *zwykłą*. Natomiast jeżeli oś wałka atakującego jest położona poniżej osi koła talerzowego, to przekładnia taka jest nazywana *hipoidalną*.

Koła zębate przekładni głównej pracują w znacznie cięższych warunkach niż koła zębate skrzynki biegów. Podczas jazdy na

niższych biegach moment przenoszony przez przekładnię osiąga duże wartości, a podczas jazdy na biegu bezpośrednim — duże wartości przyjmuje prędkość obrotowa. Koła zębate muszą być wytrzymałe, odporne na zużycie, powinny też pracować cicho i spokojnie. Dlatego w kołach zębatych przekładni głównej stosuje się specjalne rodzaje uzębień, spełniające te wymagania.

Niekiedy jedna para kół zębatych nie jest w stanie zapewnić odpowiednio dużego przełożenia. Wówczas stosuje się przekładnię główną złożoną z dwóch par kół zębatych, z których jedna para jest przekładnią stożkową 1, a druga — walcową 2 (rys. 3.24). Przekładnie takie stosuje się w ciężkich samochodach ciężarowych.



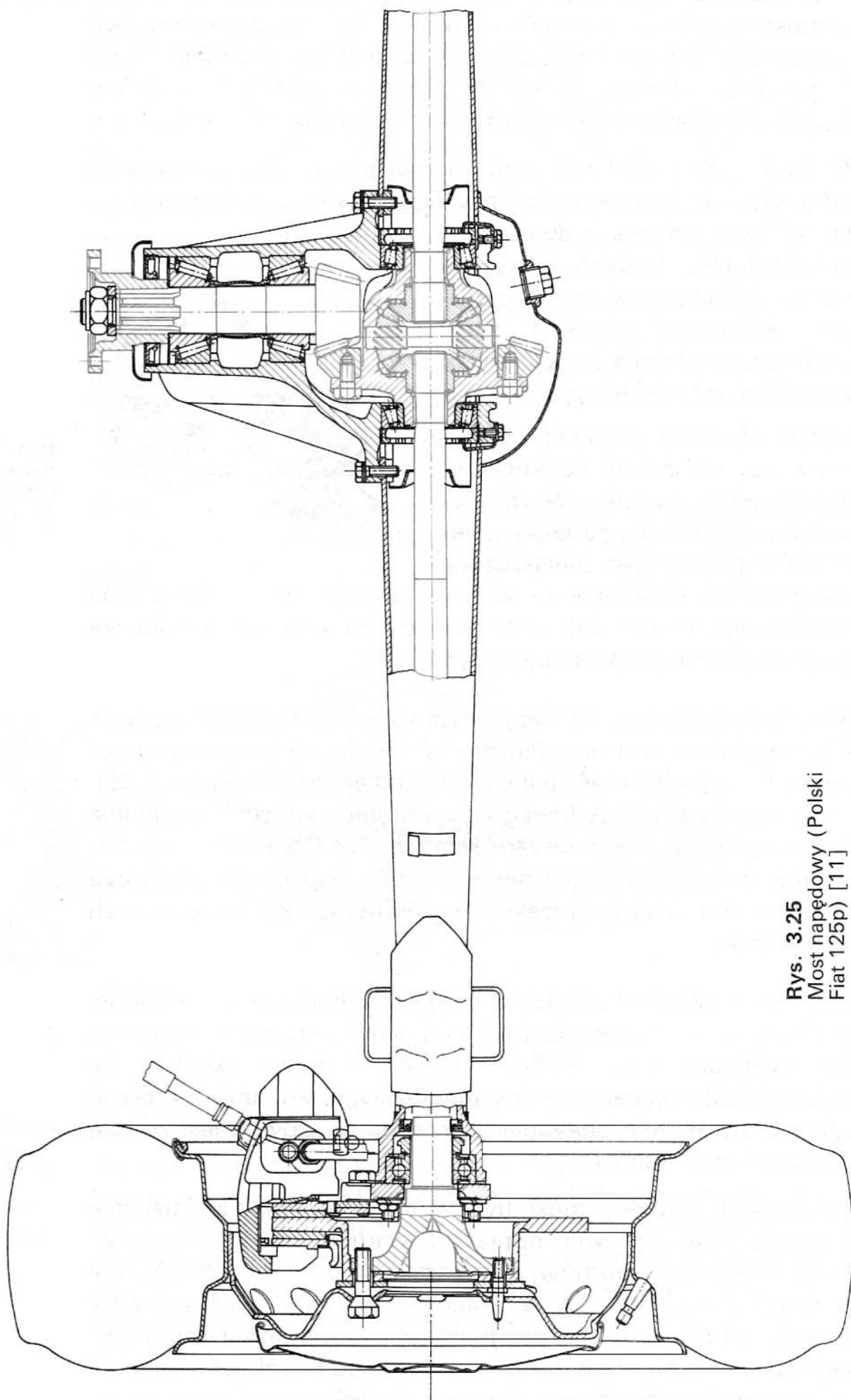
Rys. 3.24
Podwójna przekładnia
główna [4]
1 — przekładnia stożkowa,
2 — przekładnia walcowa

Kształt obudowy przekładni głównej zależy od układu konstrukcyjnego całego pojazdu. W zblokowym układzie napędowym przekładnia główna jest umieszczona we wspólnej obudowie ze skrzynią biegów (rys. 3.19). Z koła talerzowego napęd jest przekazywany na koła samochodu za pośrednictwem półosi napędowych.

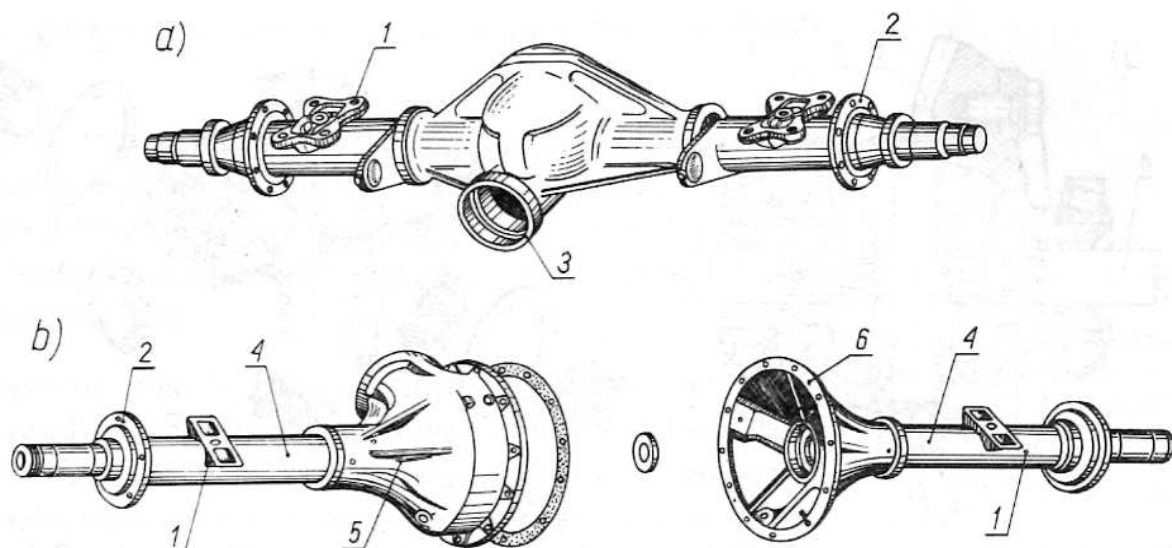
Mosty napędowe. W klasycznym układzie napędowym przekładnia główna jest umieszczona w obudowie stanowiącej zazwyczaj integralną część tylnego mostu napędowego (rys. 3.25). Obudowa mostu napędowego, zwana *pochwą*, spełnia zadanie osi przejmującej część ciężaru samochodu. Obracające się we wnętrzu pochwy tylnego mostu półosie napędowe przenoszą moment obrotowy od przekładni głównej do kół napędzanych samochodu.

Pochwy mostów napędowych mogą być jednolite lub dzielone. Pochwy jednolite są wytłaczane z rur, a także spawane, nitowane lub odlewane (rys. 3.26a). Pochwy dzielone składają się z dwóch lub więcej członów połączonych śrubami, z których człon bezpośrednio obejmujący przekładnię główną jest zwykle odlewem (rys. 3.26b).

Konstrukcja pochwy musi być wytrzymała oraz dostatecznie sztywna, żeby zapewnić poprawne warunki pracy umieszczonych w niej mechanizmów, a zwłaszcza półosi napędowych i kół zębatych przekładni głównej. Mechanizmy te są ułożyskowane w pochwie mostu napędowego i w obudowie przekładni głównej za pomocą łożysk tocznych. Przekładnia główna pracuje w warunkach częściowego zanurzenia w oleju przekładniowym.



Rys. 3.25
Most napędowy (Polski
Fiat 125p) [11]

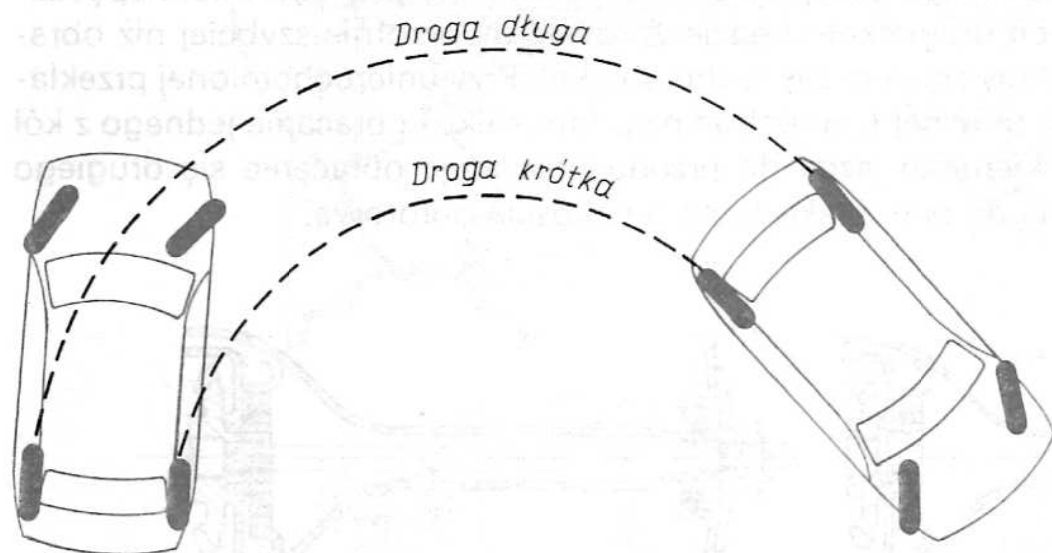


Mechanizmy różnicowe. Podczas jazdy po łuku lewe i prawe koła samochodu przebywają w tym samym czasie różne odcinki drogi (rys. 3.27). Koła te powinny toczyć się bez poślizgu. Dlatego niezbędne jest urządzenie zapewniające kołom możliwość obracania się z różną prędkością. Podczas jazdy po łuku koło wewnętrzne toczy się wolniej niż koło zewnętrzne. Zróżnicowanie prędkości obrotowej kół napędzanych jest możliwe dzięki osadzeniu każdego z kół na osobnej półosi oraz napędzaniu tych półosi przez mechanizm różnicowy.

Rys. 3.26

Pochwy mostu napędowego: a) jednolita, b) dzielona [11]

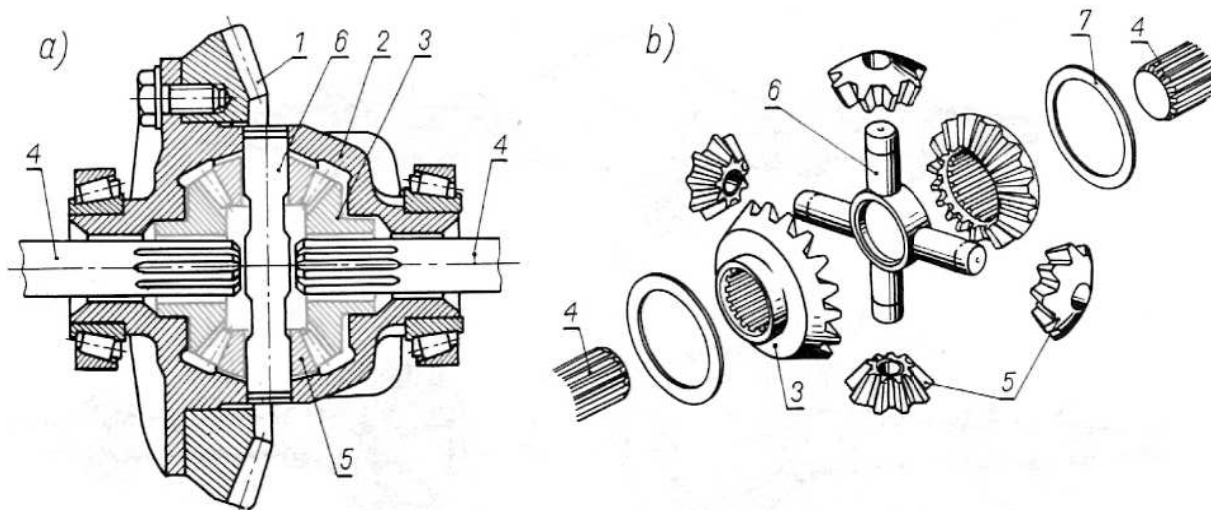
1 — wspornik resoru, 2 — kołnierz tarczy hamulca, 3 — gniazdo zębniaka przekładni głównej, 4 — pochwa, 5 — obudowa przekładni głównej, 6 — pokrywa obudowy



Rys. 3.27

Drogi kół samochodu podczas jazdy po łuku

Budowę najczęściej spotykanego stożkowego mechanizmu różnicowego przedstawia rys. 3.28. Koło talerzowe 1 przekładni głównej jest przymocowane do obudowy 2 mechanizmu różnicowego. W tej obudowie są umieszczone koła zębate *koronowe* 3, w których są osadzone wielowypusty półosi 4, i niewielkie stożkowe koła zębate 5, zwane *satelitami*. Satelity są zazębione ze stożkowymi kołami koronowymi 3 i obracają się wokół krzyżaka 6.



Rys. 3.28

Mechanizm różnicowy z kołami zębatymi stożkowymi: a) konstrukcja, b) części składowe [11]

1 — koło talerzowe, 2 — obudowa, 3 — koła koronowe, 4 — półosie, 5 — satelity, 6 — krzyżak, 7 — pierścień ślizgowy

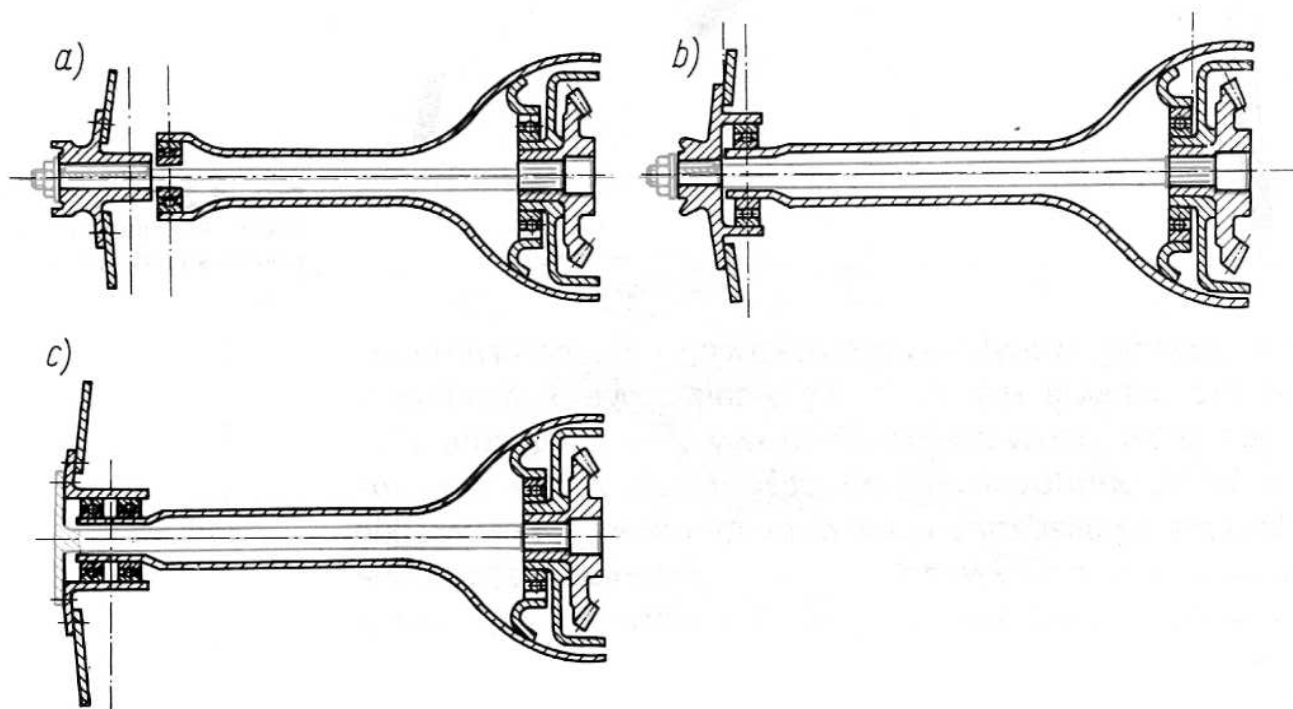
Mechanizm różnicowy działa następująco. Gdy obydwie napędzane koła samochodu, a więc i obydwie koła koronowe, obracają się z jednakową prędkością, wtedy satelity nie obracają się wokół swych osi, lecz wirują wraz z kołami koronowymi.

Mechanizm różnicowy nie pracuje. Natomiast jeżeli prędkość obrotowa jednego z kół wzrośnie, to nastąpi obrót satelitów wokół krzyżaka, co spowoduje, że prędkość obrotowa drugiego koła zmniejszy się o taką samą wartość, o jaką wzrosła prędkość koła pierwszego. Mechanizm różnicowy umożliwia więc zróżnicowanie prędkości obrotowych obu kół napędzanych samochodu tak, by toczyły się bez poślizgu.

W skrajnym przypadku unieruchomienia jednego z kół napędzanych drugie koło będzie wirować dwukrotnie szybciej niż obracałoby się podczas ruchu obu kół. Przy unieruchomionej przekładni głównej (samochód na podnośniku) obracanie jednego z kół w kierunku jazdy do przodu powoduje obracanie się drugiego koła do tyłu z taką samą prędkością obrotową.

Rys. 3.29

Półosie napędowe: a) obciążona, b) częściowo obciążona, c) nie obciążona [11]



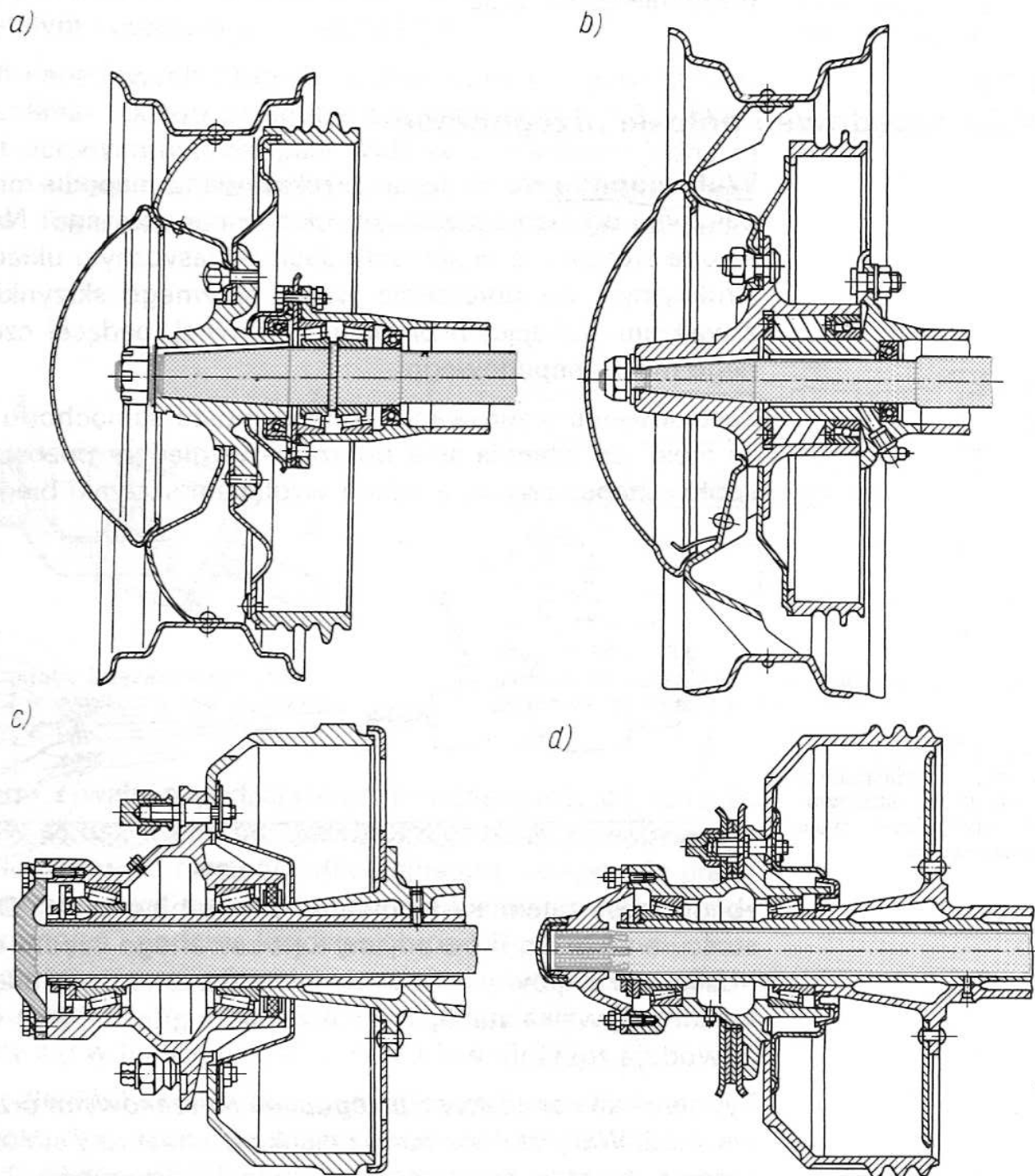
Stożkowe mechanizmy różnicowe są widoczne na rysunkach 3.19, 3.24 i 3.25.

Półosie i piasty mostów napędowych. Półosie sztywne mostów napędowych przenoszą moment napędowy od przekładni głównej i mechanizmu różnicowego do piast, do których są przymocowane koła samochodu. Stosuje się trzy rodzaje połączeń półosi z piastami kół:

- *Półosie obciążone* (rys. 3.29a) są podparte łożyskami tocznymi na końcu pochwy mostu napędowego. Piasta jest osadzona na końcu półosi. W tym przypadku półoś jest skręcana momentem napędowym oraz zginana siłami ciężaru samochodu,

Rys. 3.30

Niektóre rodzaje połączeń półosi sztywnych z piastami kół: a) półoś obciążona, b) półoś częściowo obciążona, c) i d) półosie nie obciążone [11]



siłami napędowymi, hamowania i bocznymi, działającymi na koło. Niekorzystny stan obciążeń takich półosi sprawia, że są one stosowane jedynie w lekkich pojazdach osobowych.

- *Półosie częściowo obciążone* (rys. 3.29b). W tym przypadku osadzone na pochwie mostu napędowego łożysko nie wspiera półosi, lecz bezpośrednio piastę, zmniejszając tym samym obciążenie półosi.

- *Półosie nieobciążone* (rys. 3.29c) przenoszą tylko moment napędowy. Wszystkie pozostałe siły i momenty przenosi para łożysk tocznych umieszczonych między pochwą mostu a piastą, obciążając wyłącznie pochwę.

Przykłady konstrukcji połączeń półosi sztywnych z piastami kół przedstawia rys. 3.30.

3.2.6

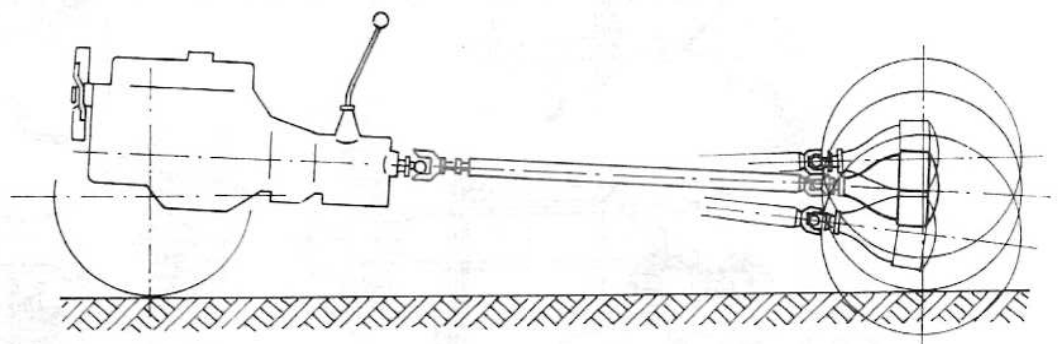
Wały napędowe i półosie przegubowe

Wały napędowe służą do przekazywania napędu między oddalonymi od siebie zespołami układu napędowego. Najczęściej są one stosowane w samochodach o klasycznym układzie konstrukcyjnym do połączenia wałka głównego skrzynki biegów z wałkiem atakującym przekładni głównej, będącej częścią tylnego mostu napędowego.

Zastosowanie resorowania tylnego mostu samochodu sprawia, że most ten zmienia swe położenie względem pozostałych zespołów napędowych, a więc i względem skrzynki biegów. Nie-

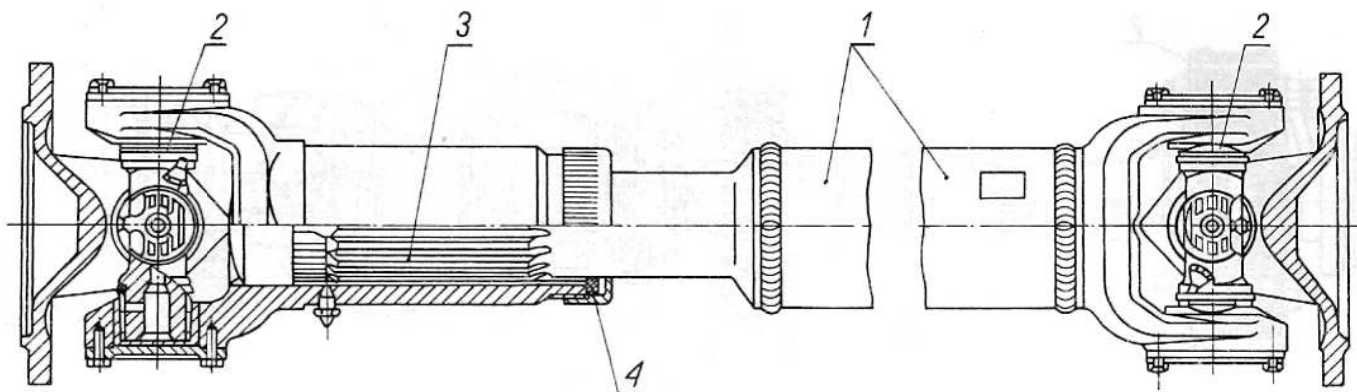
Rys. 3.31

Schemat wyjaśniający konieczność stosowania przegubów wału napędowego



zbędne jest zatem zastosowanie przegubów wału. Dzięki zastosowaniu przegubów zmiany kąta zawartego między osią wału i osią wałka głównego skrzynki biegów oraz kąta między osią wału i osią wałka atakującego przekładni głównej (rys. 3.31) nie powodują zginania wału.

Typowy wał napędowy z *przegubami krzyżakowymi* przedstawia rys. 3.32. Wał jest wykonany z cienkościennej rury stalowej 1, do której z obu stron są przyspawane widelki przegubów 2. Podczas



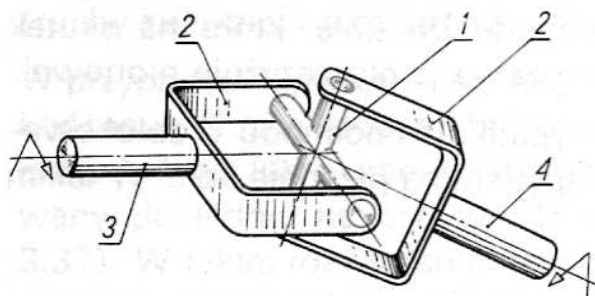
Rys. 3.32

Wał napędowy z przegubami krzyżakowymi [11]

1 — rura, 2 — przeguby krzyżakowe, 3 — wielowypust, 4 — uszczelka

jazdy samochodu zmiany położenia tylnego mostu powodują niewielkie zmiany odległości między przegubami wału. Przy jednej z końcówek wału niezbędne jest zastosowanie połączenia wielowypustowego 3. Połączenie to jest okresowo napełniane smarem stałym i uszczelnione uszczelką 4.

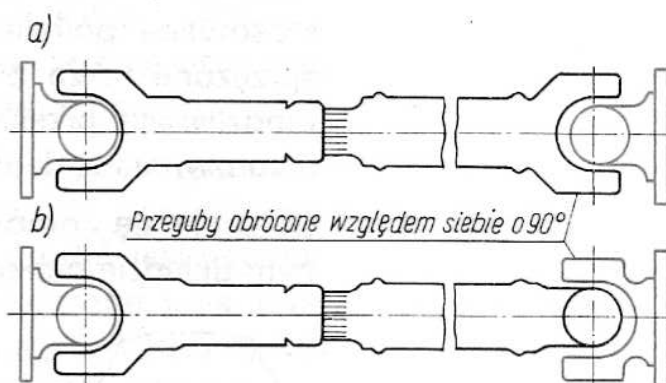
W wałach napędowych z reguły są stosowane przeguby krzyżakowe. Schemat takiego przegubu przedstawia rys. 3.33. Krzyżak 1 jest uchwycony przez parę widełek 2, z których jedne są związane z wałem napędzającym 3, a drugie — z wałem napędzanym 4. Takie połączenie umożliwia przenoszenie momentu



Rys. 3.33

Schemat przegubu krzyżakowego [11]

1 — krzyżak, 2 — widełki, 3 — wał napędzający, 4 — wał napędzany

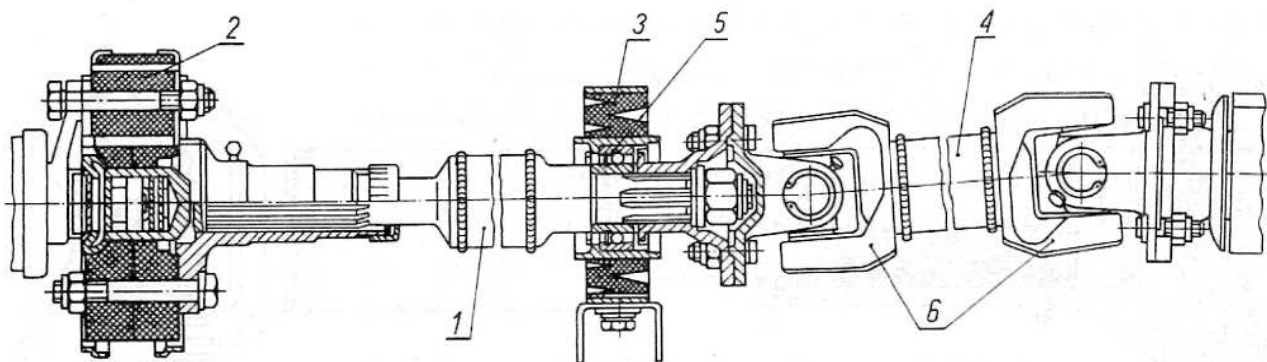


Rys. 3.34

Wzajemne ustawienie przegubów wału: a) prawidłowe, b) nieprawidłowe [11]

obrotowego z wału napędzającego na napędzany, pomimo że osie wałów są ustawione pod kątem. Pojedynczy przegub krzyżakowy nie zapewnia niestety jednostajnego przenoszenia prędkości obrotowej; wał napędzany wiruje nierównomiernie, doświadczając „szarpnięć” podczas każdego obrotu. Dla uzyskania równomiernego biegu niezbędne jest stosowanie dwóch przegubów tak ustawionych, żeby sprzężone z wałem widełki przegubów znajdowały się w tej samej płaszczyźnie (rys. 3.34).

Niekiedy odległość między sprzęganymi zespołami układu napędowego jest zbyt duża, aby zastosować wał jednodcinkowy. Stosuje się wtedy wał podwójny wsparty pośrednio w dodat-



Rys. 3.35

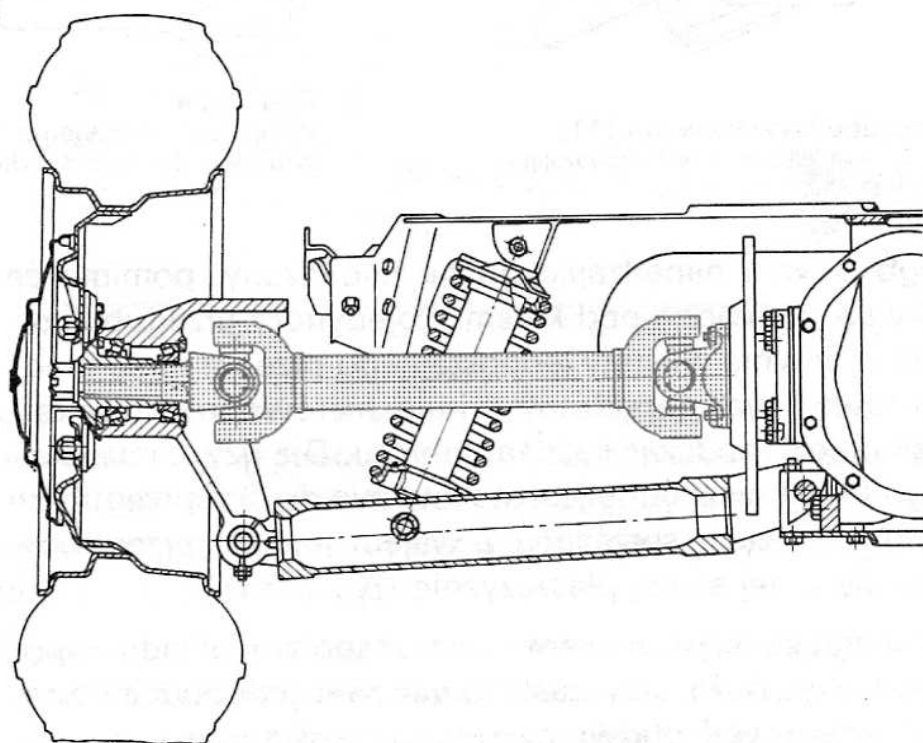
Dwuczęściowy wał napędowy (Polski Fiat 125p) [11]

1, 4 — odcinki wału, 2 — przegub elastyczny, 3 — elastyczne zawieszenie łożyska, 5 — łożysko, 6 — przeguby krzyżakowe

kowym łożysku 5 (rys. 3.35). Pierwszy odcinek 1 wału jest tu pozbawiony przegubów krzyżakowych, w celu bowiem skompensowania nieznacznych ruchów zawieszonych elastycznie w samochodzie skrzynki biegów wystarcza elastyczny przegub 2 i elastyczne zawieszenie 3 łożyska wspierającego. Drugi odcinek 4 wału, połączony z mostem napędowym, ma dwa przeguby krzyżakowe 6, natomiast nie ma połączenia wielowypustowego, użytego w części 1 wału.

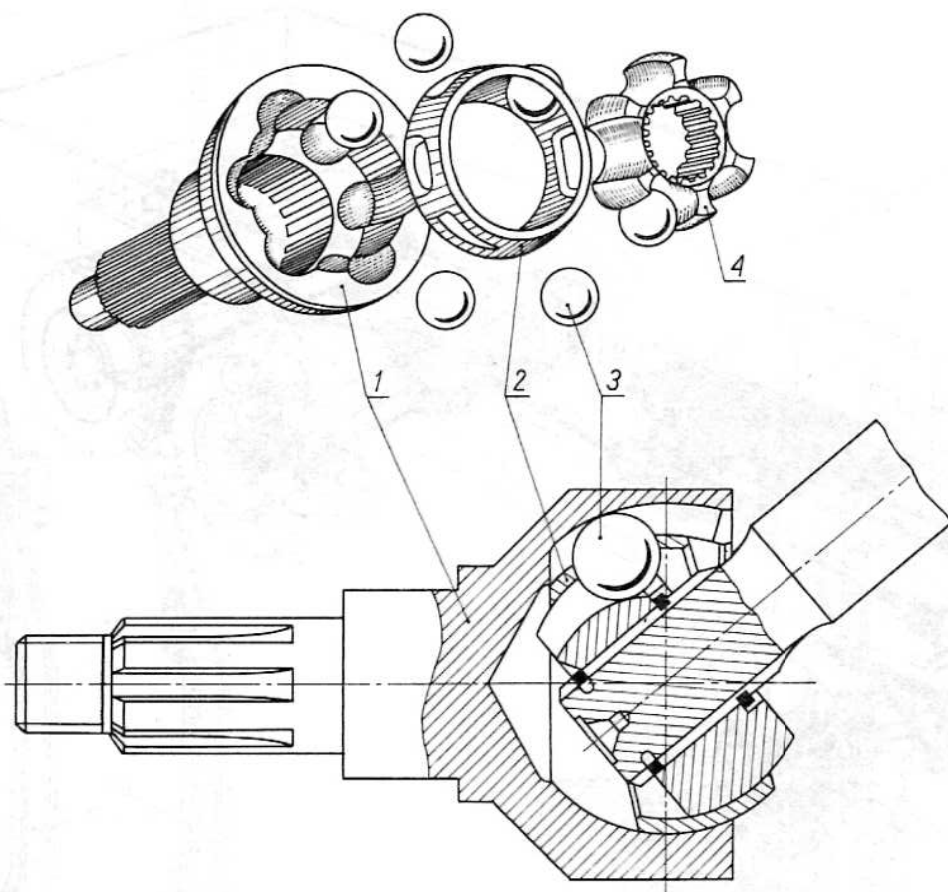
Półosie przegubowe. W samochodach ze zablokowanymi układami napędowymi napęd jest przenoszony przez półosie napędowe, łączące przekładnię główną i mechanizm różnicowy z kołami napędzanymi. Półosie takie są zbudowane podobnie jak wał napędowy, lecz są znacznie krótsze (rys. 3.36). Są również stosowane półosie wykonywane jako wałki stalowe, zawsze sprzężone także z przegubami o różnej konstrukcji. Przeguby umożliwiają przekazywanie napędu do koła, które na skutek resorowania zmienia swoje położenie w płaszczyźnie pionowej.

Sytuacja się komplikuje w przypadku samochodu o zablokowanym układzie napędowym z napędem na przednie koła. W takim



Rys. 3.36

Półoś napędowa tylnego koła z przegubami krzyżakowymi [11]



Rys. 3.37
Przegub kulowy (Birfielda) [11]
1 — czasza kulista, 2 —
koszyk, 3 — kulka, 4 —
piasta

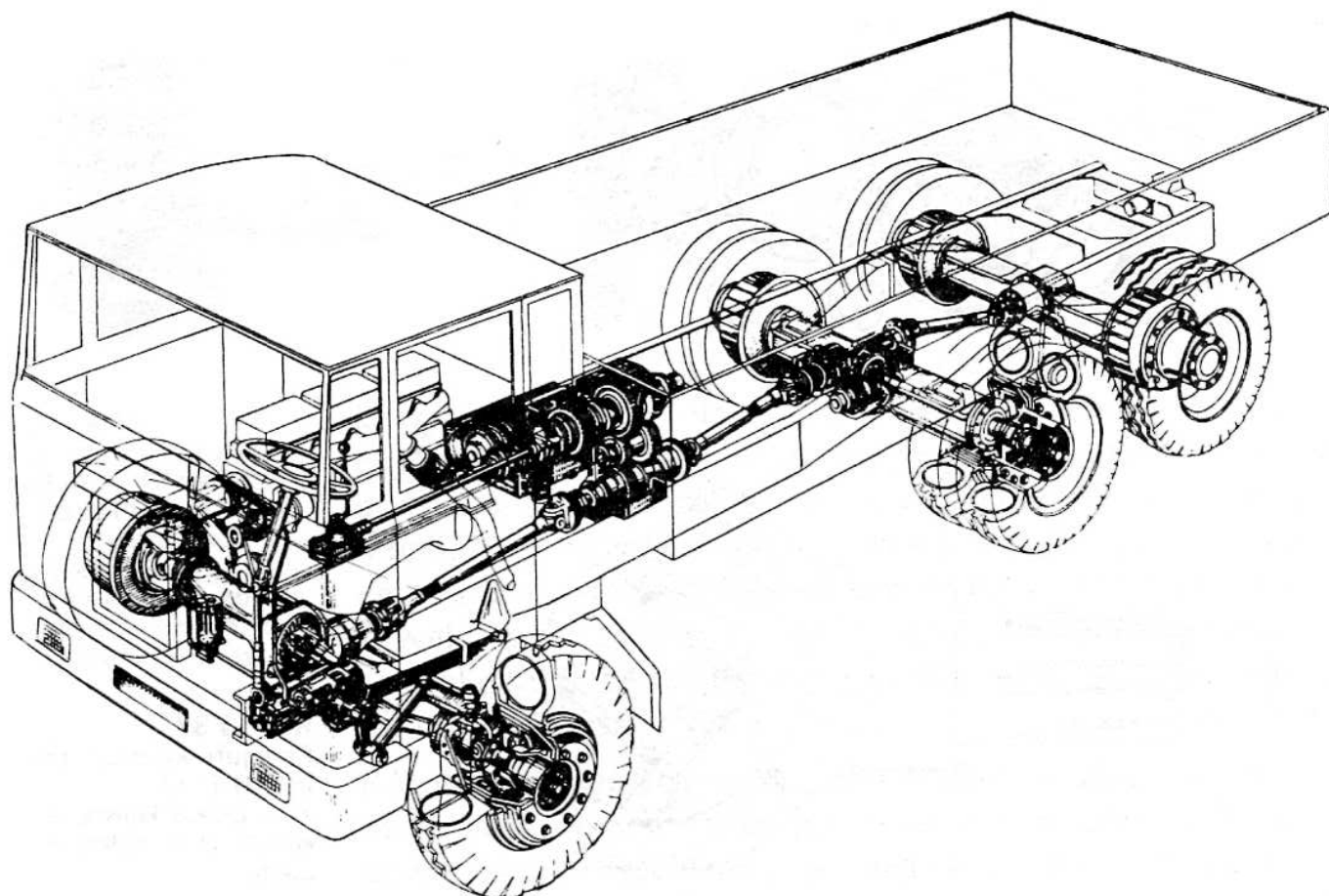
przypadku przeguby półosi muszą zapewniać możliwość przeniesienia napędu do kół, które wykonują ruchy nie tylko w płaszczyźnie pionowej (resorowanie), ale i w płaszczyźnie poziomej (ruchy zwrotne, umożliwiające kierowanie samochodem).

W przypadku napędzania kół kierowanych między zewnętrznymi końcami półosi a czopami kół stosuje się *przeguby homokinetyczne, kulowe* lub o innej konstrukcji, których środek jest usytuowany dokładnie na osi, wokół której są zwracane koła (rys. 3.37). W takim rozwiązaniu drugi, pomocniczy, krzyżakowy lub gumowy przegub jest umieszczany przy przekładni głównej.

Budowa przegubu homokinetycznego jest bardziej skomplikowana niż krzyżakowego, lecz jego ważną zaletą jest równobieżność. Dzięki temu przegub homokinetyczny zastępuje dwa przeguby krzyżakowe, zapewniając poprawne przekazywanie napędu na koła nawet przy znacznych ruchach zwrotnych.

3.2.7 Złożone mechanizmy napędowe

Niekiedy mechanizmy napędowe i ich układ w pojeździe są o wiele bardziej złożone niż omówiono wyżej. Stopień skomplikowania układu napędowego zależy przede wszystkim od ogólnego układu konstrukcyjnego pojazdu, od liczby osi napędzanych, od przeznaczenia pojazdu.



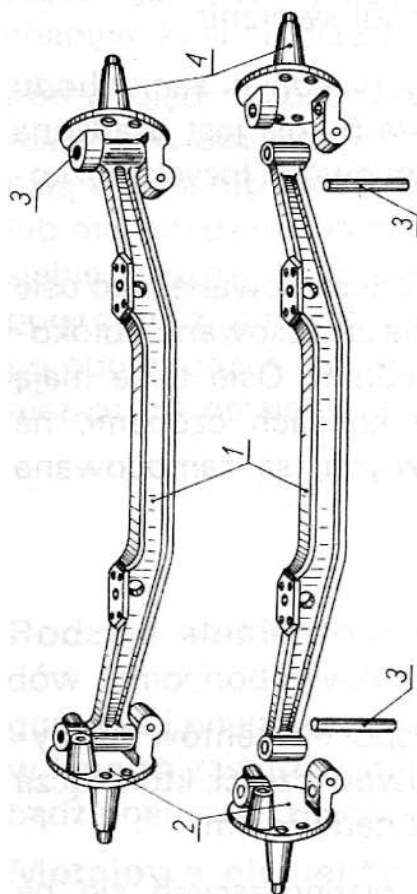
Rys. 3.38
Mechanizmy napędowe samochodu terenowego [2]

Na rysunku 3.38 przedstawiono ciężarowy samochód terenowy. Napędzane są wszystkie koła tego pojazdu, czyli wszystkie jego osie. Są tu więc trzy wały napędowe. Rozdział napędu na osie przednią i tylną wymaga stosowania dodatkowej *rozdzielczej skrzynki biegów*, w której bywa także umieszczony *reduktor*, umożliwiający zwielokrotnienie liczby przełożeń. W mostach napędowych zastosowano blokowane mechanizmy różnicowe, które po zablokowaniu uniemożliwiają poślizgi kół jednej strony pojazdu. Skrzynka biegów jest wyposażona w przystawki odbioru mocy do napędu dodatkowych mechanizmów, jak np. wciągarka. W pojazdach terenowych często stosuje się także międzyosiowe mechanizmy różnicowe, które umożliwiają kołom osi przedniej i tylnej toczenie się z różną prędkością.

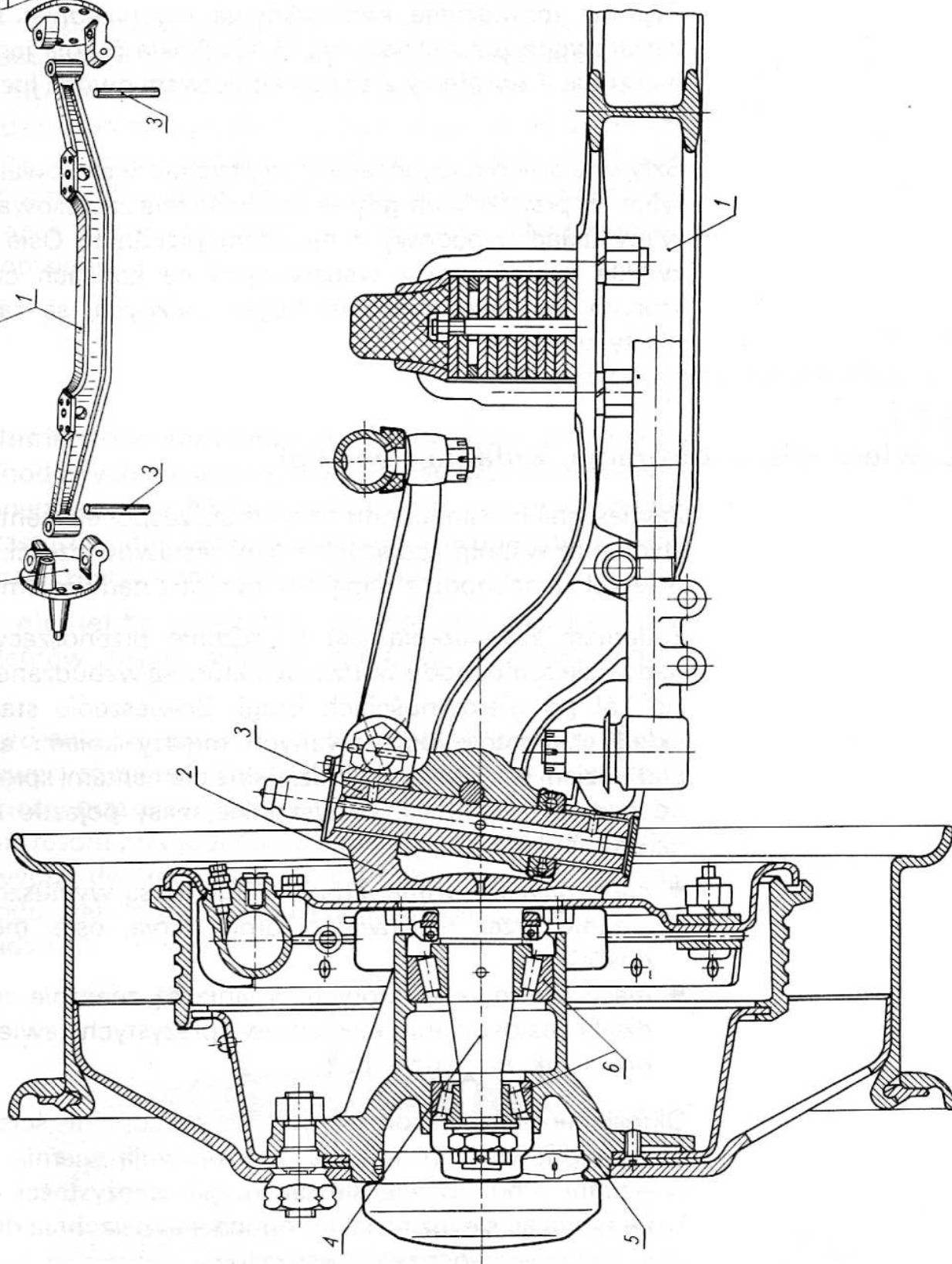
3.3 Mechanizmy nośne i jezdne

3.3.1 Sztywne osie nienapędzane

Omówione w p. 3.2.5 mosty napędowe stanowią osie, których koła są napędzane. Przenoszą one część ciężaru samochodu, siły wzdłużne (hamowanie) i boczne (jazda na zakręcie) oraz doprowadzają napęd do kół. Osie nienapędzane nie przenoszą



Rys. 3.39
Przednia oś nośna [11]
1 — belka osi, 2 — zwrotnice, 3 — sworznie zwrotnic, 4 — czopy zwrotnic



Rys. 3.40
Przednia oś samocho-
du ciężarowego [11]
1 — belka osi, 2 — zwrotnica, 3 — sworzeń zwrotnicy, 4 — czop zwrotnicy, 5 — piasta koła, 6 — łożysko stożkowe

napędu, lecz także przejmują przypadającą na nie część ciężaru samochodu. Osie nienapędzane nazywamy *osiąmi nośnymi*.

Przednie osie nośne są typowe dla samochodów ciężarowych i autobusów (rys. 3.39). Oś składa się z belki 1, z reguły odkutej ze stali, oraz ze zwrotnic 2, połączonych sworzniami 3 z belką. Na czopach 4 zwrotnic są osadzone łożyska toczne, na których obracają się piasty kół przednich. Zwracanie kół przednich samochodu polega na obracaniu zwrotnic wokół sworzni.

Typowe rozwiązanie konstrukcyjne osi przedniej samochodu ciężarowego przedstawia rys. 3.40. Piasta 5 koła jest osadzona na czopie 4 zwrotnicy 2 za pośrednictwem dwóch łożysk stożkowych 6.

Sztywne osie nienapędzane mogą być także stosowane jako osie tylne, w przypadkach gdy w samochodzie zastosowano zblokowany układ napędowy z napędem przednim. Osie takie mają zwykle postać rury z wspawanymi na końcach czopami, na których, za pośrednictwem łożysk tocznych, są zamocowane piasty kół tylnych.

3.3.2

Zawieszenia — definicja, zadania i podział

Zawieszeniem samochodu nazywa się zespół elementów sprężystych oraz współpracujących z nimi zestawów części, które łączą osie kół samochodu z ramą lub wprost z nadwoziem.

Zadaniem zawieszenia jest łagodzenie przenoszących się na nadwozie samochodu wstrząsów, które są wzbudzane toczeniem się kół po nierównościach drogi. Zawieszenie stanowi więc układ elementów usytuowanych między kołami a ramą lub nadwoziem samochodu. Oddzielenie elementami sprężystymi kół od nadwozia sprawia, że wszystkie masy pojazdu można podzielić na dwie grupy:

- *masy nieresorowane*, których drgania są wymuszone bezpośrednio przez nierówności drogi (koła, osie, mosty napędowe);
- *masy resorowane*, których drgania są znacznie zmniejszone dzięki zastosowaniu elementów sprężystych zawieszenia (rama, silnik, nadwozie itd.).

Określenie mas nieresorowanych nie jest zupełnie ścisłe, bowiem ruchy pionowe tych mas nie odwzorowują wiernie profilu nawierzchni drogi. Dzieje się tak dzięki sprężystości ogumienia, które uginając się już na styku opona–nawierzchnia drogi powoduje wstępne złagodzenie wstrząsów.

W chwili najechania przez koło na przeszkodę w ruch pionowy zostaje wprowadzona masa nieresorowana. Ruch tej masy powoduje ugięcie zawieszenia i zwiększenie napięcia sprężystego elementu zawieszenia, znajdującego się między masami nieresorowaną i resorowaną. Dopiero ta zwiększona siła napięcia elementu sprężystego powoduje przesunięcie masy resorowanej. Dzięki pracy zawieszenia zmiana położenia masy resorowanej przebiega w sposób płynny, mimo że impuls wywołany najechaniem koła na przeszkodę działał w sposób gwałtowny.

Pod względem konstrukcji zawieszenia dzielimy na *zależne* i *niezależne*. W zawieszeniach zależnych elementy zawieszenia sprzęgają z ramą lub nadwoziem samochodu sztywną oś, napędzaną lub nienapędzaną. W tym przypadku ruchy obu kół tej osi są od siebie zależne. W zawieszeniach niezależnych każde z kół jest połączone z ramą lub nadwoziem oddzielnie, dzięki czemu koła po obu stronach samochodu mogą wykonywać ruchy pionowe niezależnie od siebie.

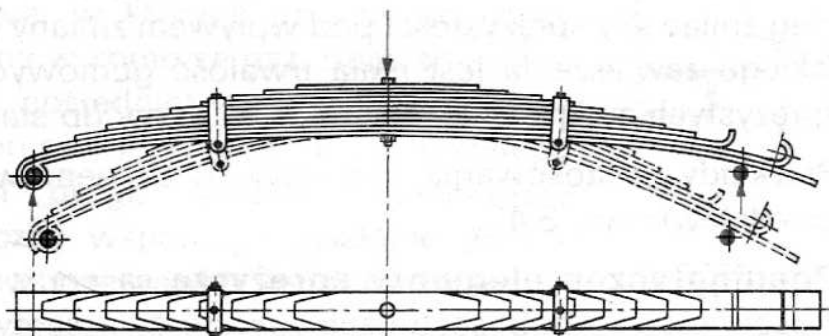
3.3.3

Elementy sprężyste zawieszeń

Rodzaje elementów sprężystych. W zawieszeniach pojazdów samochodowych stosuje się elementy sprężyste metalowe, gumowe i pneumatyczne. Niekiedy także stosuje się zawieszenia, w których zastosowanie cieczy wspomaga działanie gumowych bądź pneumatycznych elementów sprężystych.

Metalowe elementy sprężyste. Są trzy zasadnicze rodzaje takich elementów: resory piórowe, sprężyny śrubowe i drążki skrętne.

● *Resory piórowe* są złożone ze sprężystych płaskowników stalowych, zwanych piórami (rys. 3.41). Podparcie resoru w środku jego długości oraz przyłożenie sił do jego końców powoduje odkształcanie resoru przy jednoczesnym pokonywaniu sił sprężystości. Zazwyczaj do środka resoru jest mocowana resorowana oś samochodu, natomiast na obu końcach resoru jest wsparta rama lub nadwozie.

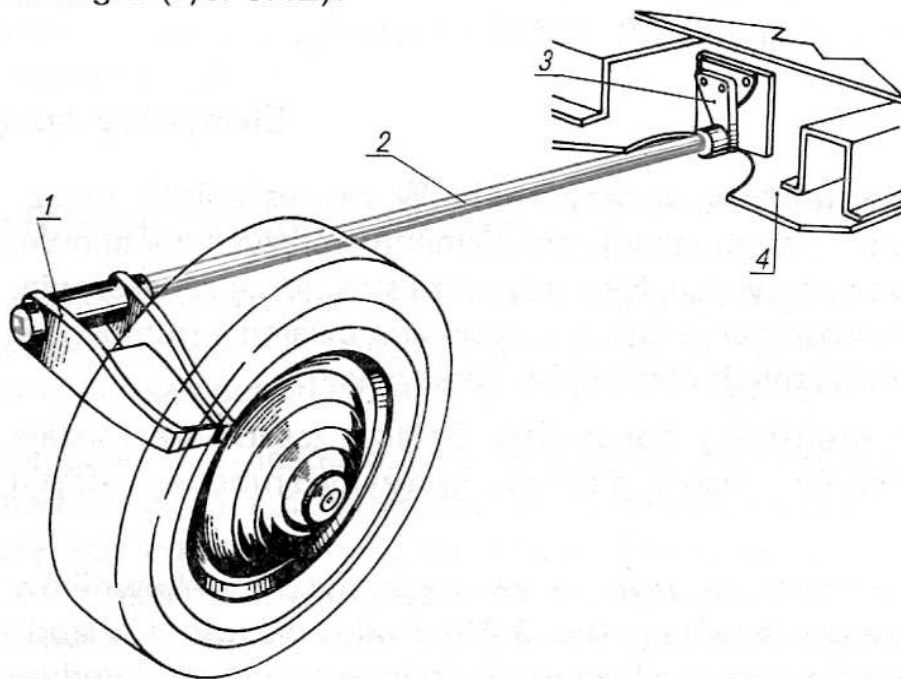


Rys. 3.41
Resor piórowy

Resory piórowe są dostatecznie sztywne, aby zapewnić całkowite sprzężenie osi resorowanej z resztą pojazdu, bez konieczności stosowania dodatkowych prowadzących elementów zawieszenia. Liczba piór zależy od wymaganej sztywności resoru i wynosi od trzech — w samochodach osobowych — do kilkunastu — w samochodach ciężarowych dużej ładowności.

- *Sprężyny śrubowe* są wykonywane ze stalowego drutu sprężynowego o średnicy 10 ÷ 20 mm. Średnica sprężyny ma kilkanaście centymetrów. Są one lżejsze i łatwiejsze do zastosowania niż resory piórowe, jednak nie mogą przenosić sił bocznych. Dlatego w przypadku użycia sprężyn śrubowych niezbędne jest stosowanie dodatkowych elementów prowadzących.

- *Drążki skrętne* są to elementy sprężyste w postaci pręta, rury lub pakietu płaskowników, których jeden koniec jest zamocowany nieruchomo w ramie lub w elementach nośnych nadwozia, natomiast drugi jest skręcany za pomocą zamocowanej na nim dźwigni (rys. 3.42).



Rys. 3.42

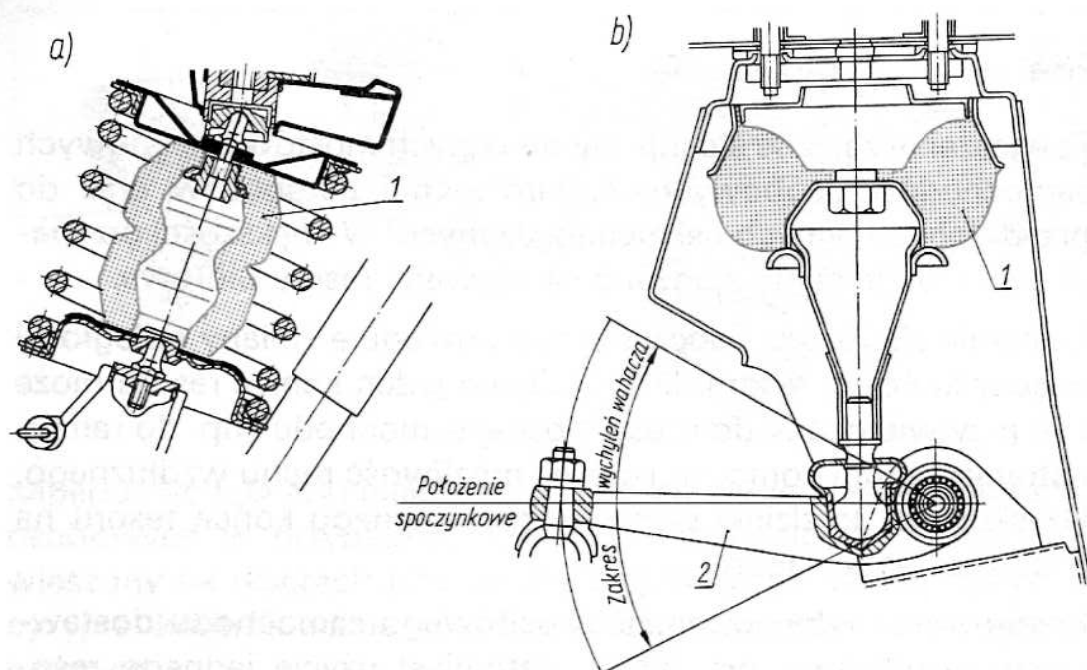
Usytuowanie drążka skrętnego w pojeździe [3]

1 — dźwignia (wahacz),
2 — drążek skrętny, 3 —
zamocowanie, 4 — rama

Gumowe elementy sprężyste. Są to najczęściej pomocnicze elementy resorujące, lecz bywają też stosowane jako główne resorowanie pojazdów. Zasadniczą zaletą użycia gumy do resorowania pojazdów jest łatwość formowania z niej elementów o skomplikowanych kształtach, zapewniających właściwy przebieg zmian siły sprężystości pod wpływem zmiany ugięcia. Wadą takiego zawieszenia jest mała trwałość gumowych elementów sprężystych związana ze skłonnością gumy do starzenia się.

Przykłady zastosowania gumowych elementów sprężystych przedstawia rys. 3.43.

Pneumatyczne elementy sprężyste są coraz powszechniej stosowane w autobusach i samochodach ciężarowych.



Rys. 3.43

Zastosowanie gumowych elementów sprężystych w zawieszeniu: a) element pomocniczy, b) element główny [11]
1 — elementy gumowe, 2 — wahacz

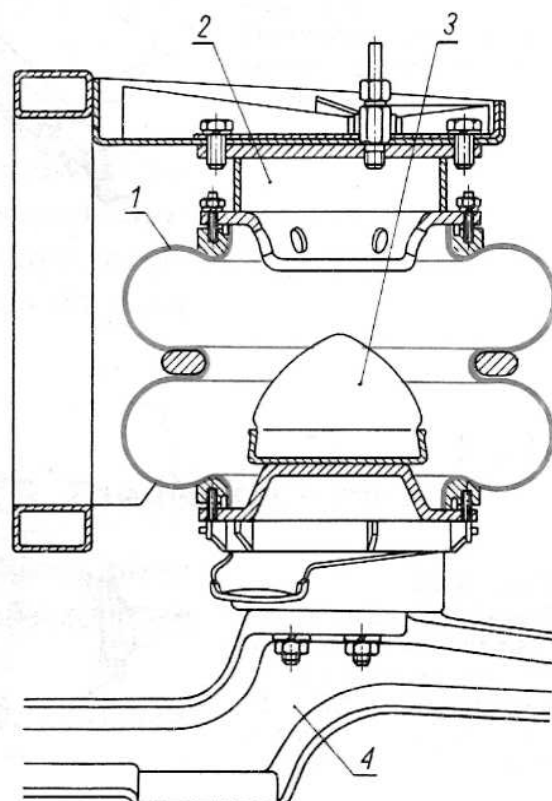
Pneumatyczny element sprężyny ma postać miecha gumowego o dwóch lub trzech fałdach, wykonanego z gumy syntetycznej zbrojonej plecionką kordową i szczelnie zaciśniętego w osadach metalowych (rys. 3.44). Element taki sprężynuje dzięki ciśnieniu zawartego w nim powietrza. Ciśnienie to zmienia się w czasie pracy zawieszenia. Zastosowanie specjalnego zaworu połączonego ze zbiornikiem sprężonego powietrza zapewnia możliwość zmiany charakterystyki zawieszenia w czasie jazdy. Zawór taki umożliwia zachowanie stałej odległości osi resorowanej od ramy, niezależnie od obciążenia samochodu. Tym samym, w niektórych rozwiązaniach, możliwa jest zmiana prześwitu pojazdu.

Rys. 3.44

Zastosowanie pneumatycznego elementu sprężystego [11]
1 — miech, 2 — zbiornik sprężonego powietrza, 3 — pomocniczy element gumowy, 4 — oś przednia

Duża średnica miechów ($200 \div 300$ mm), wymagających w związku z tym sporo miejsca w pojeździe, konieczność stosowania dodatkowych elementów prowadzących oś oraz znaczny koszt instalacji i kłopotliwa obsługa sprawiają, że pneumatyczne elementy sprężyste nie są stosowane w tańszych i mniejszych, lecz jedynie — sporadycznie — w większych samochodach osobowych.

Czasem są stosowane hydropneumatyczne elementy resorujące, w których czynnik sprężysty stanowi sprężany w komorze gaz. Sprężanie gazu odbywa się za pośrednictwem cieczy, na którą naciska tłok, poruszany zgodnie z ruchem koła po nierównościach drogi. Niekiedy pomocniczy układ hydrauliczny wspomaga działanie gumowych elementów sprężystych, jednocześnie uzależniając od siebie ugięcia kół przednich i tylnych.



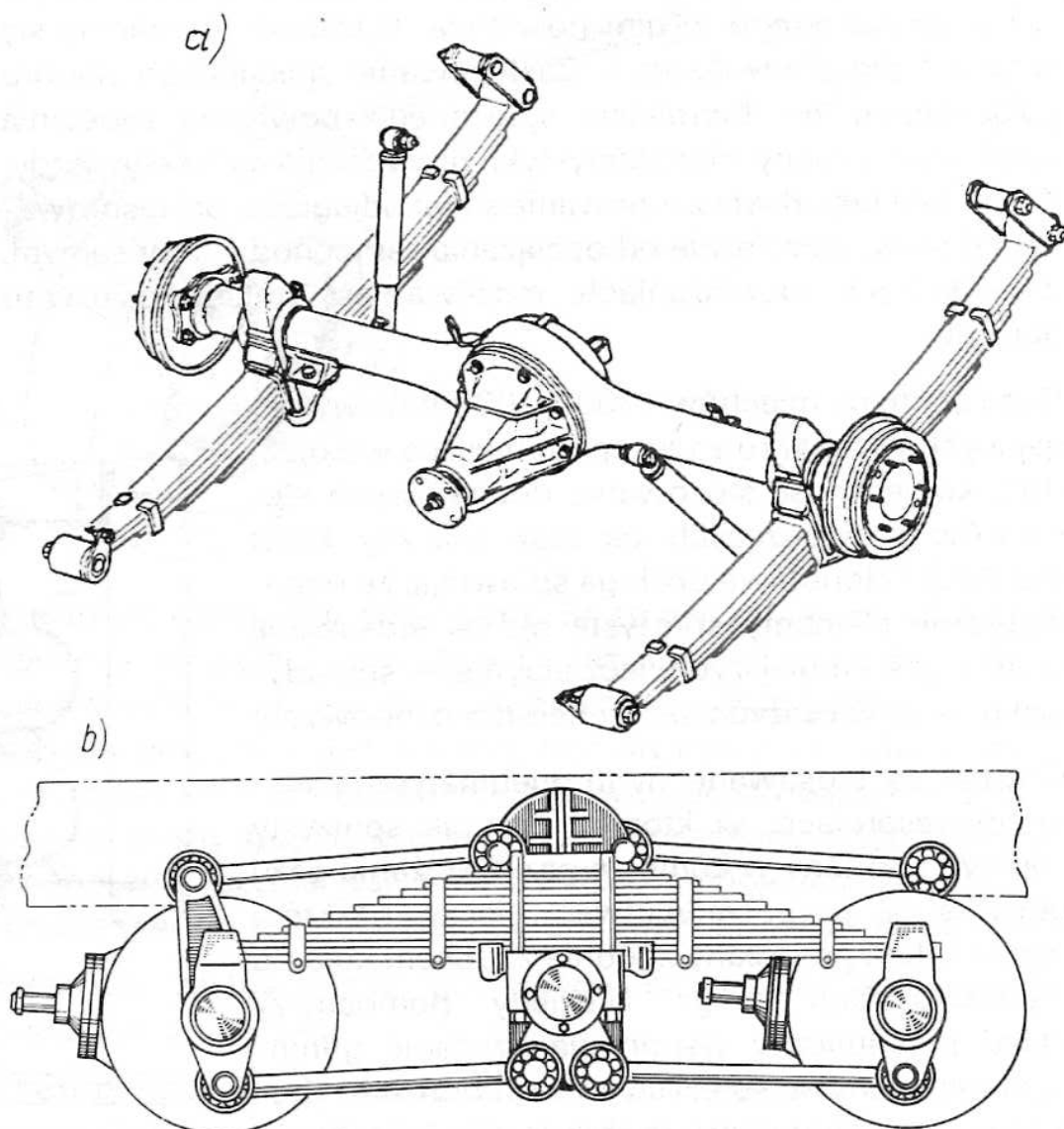
3.3.4

Zawieszenia zależne

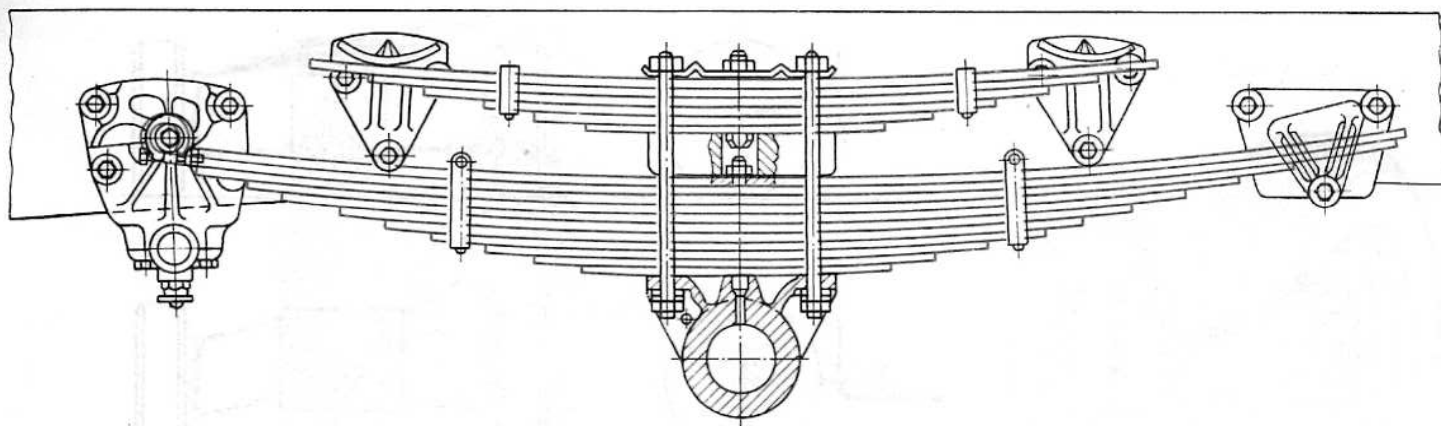
Zawieszenie zależne stosuje się do tylnych mostów napędowych samochodów osobowych, ciężarowych i autobusów oraz do przednich lub tylnych osi nienapędzanych. W większości przypadków jako elementy sprężane są używane resory piórowe.

Uginanie się resoru podczas pracy powoduje zmiany odległości między końcami resoru. Dlatego tylko jeden koniec resoru może być przytwierdzony do części nośnej samochodu (np. do ramy), natomiast drugi koniec musi mieć możliwość ruchu wzdłużnego. Uzyskuje się to dzięki wsparciu przesuwne go końca resoru na wieszaku lub ślizgaczu.

Resorowanie tylnego mostu napędowego samochodu dostawczego przedstawia rys. 3.45a; natomiast użycie jednego resoru do sprężystego zawieszenia dwóch tylnych mostów napędowych samochodu ciężarowego dużej ładowności ilustruje rys. 3.45b. W tym ostatnim przypadku niezbędne jest zastosowanie zestawu *drążków reakcyjnych* do prowadzenia mostów



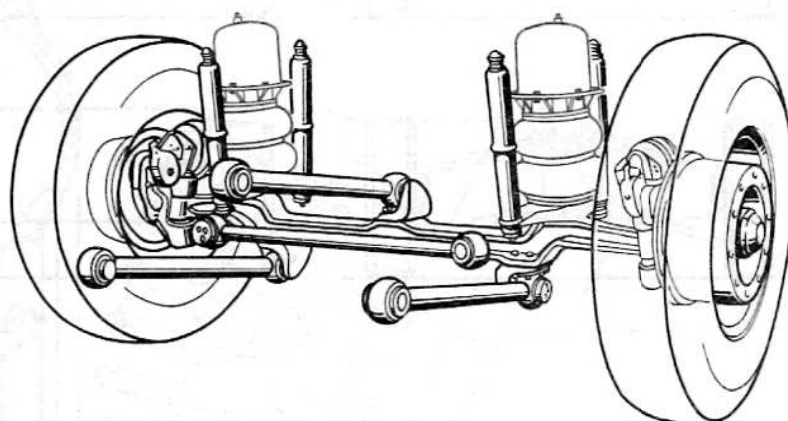
Rys. 3.45
Przykłady zastosowania resorów piórowych:
a) zawieszenie mostu napędowego [18], b) zawieszenie dwóch mostów napędowych



napędowych. Drążki reakcyjne stosuje się także w samochodach osobowych w przypadku, gdy tylny most napędowy jest zawieszony na resorach piórowych. Drążki takie umożliwiają precyzyjne kontrolowanie ruchów mostu względem elementów nośnych.

W samochodach ciężarowych często stosuje się resory podwójne. Wtedy przy niewielkim obciążeniu pojazdu pracuje resor zasadniczy, natomiast przy pełnym obciążeniu do współpracy włącza się mniejszy resor pomocniczy (rys. 3.46).

Rys. 3.46
Podwójny resor piórowy tylnego zawieszenia samochodu ciężarowego [11]



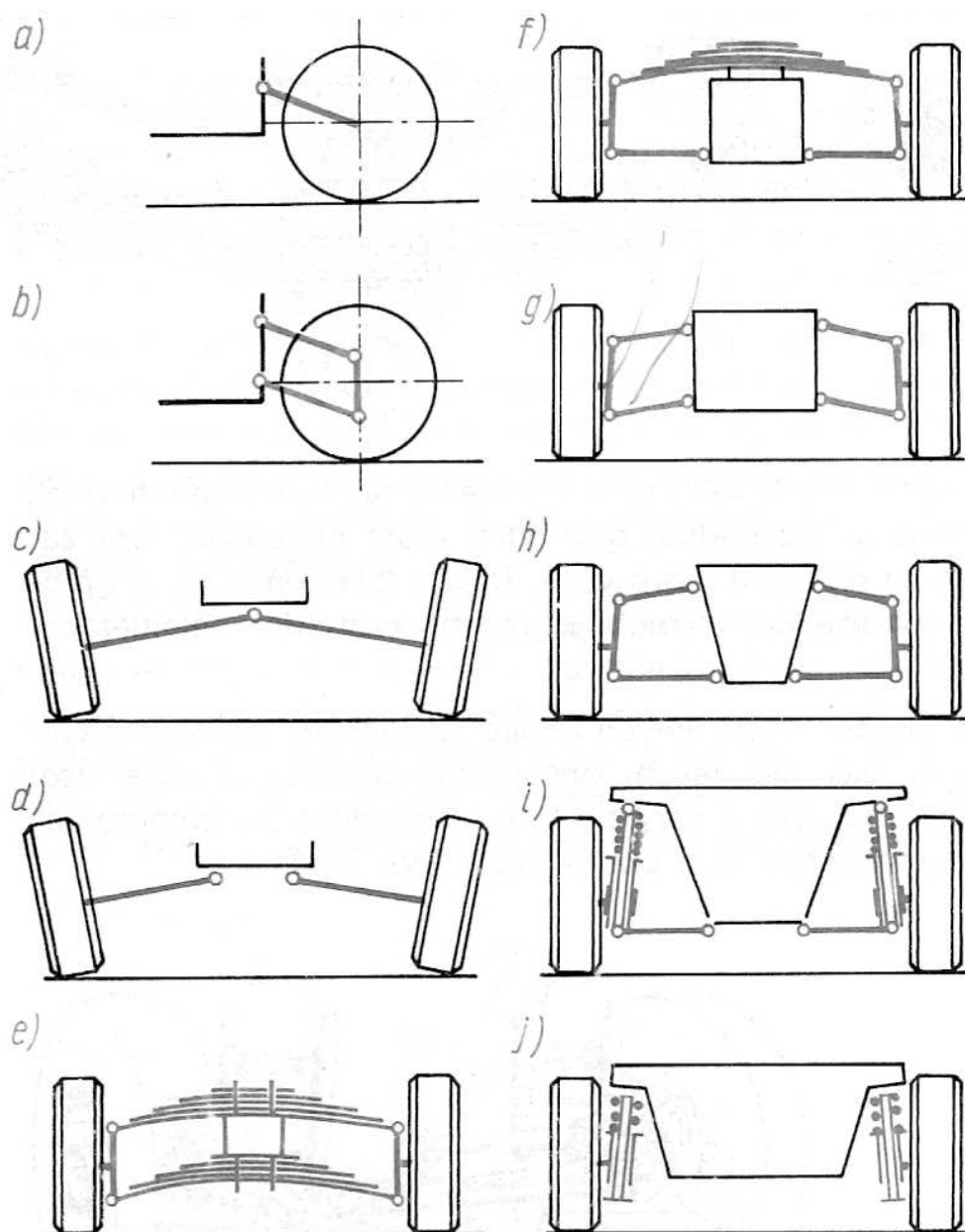
Rys. 3.47
Pneumatyczne zawieszenie przedniej osi autobusu [11]

Spotyka się także resorowanie osi samochodów osobowych za pomocą sprężyn śrubowych, a samochodów ciężarowych i autobusów — z użyciem pneumatycznych elementów sprężystych. W obu przypadkach niezbędne jest stosowanie układu drążków reakcyjnych (rys. 3.47).

3.3.5 Zawieszenia niezależne

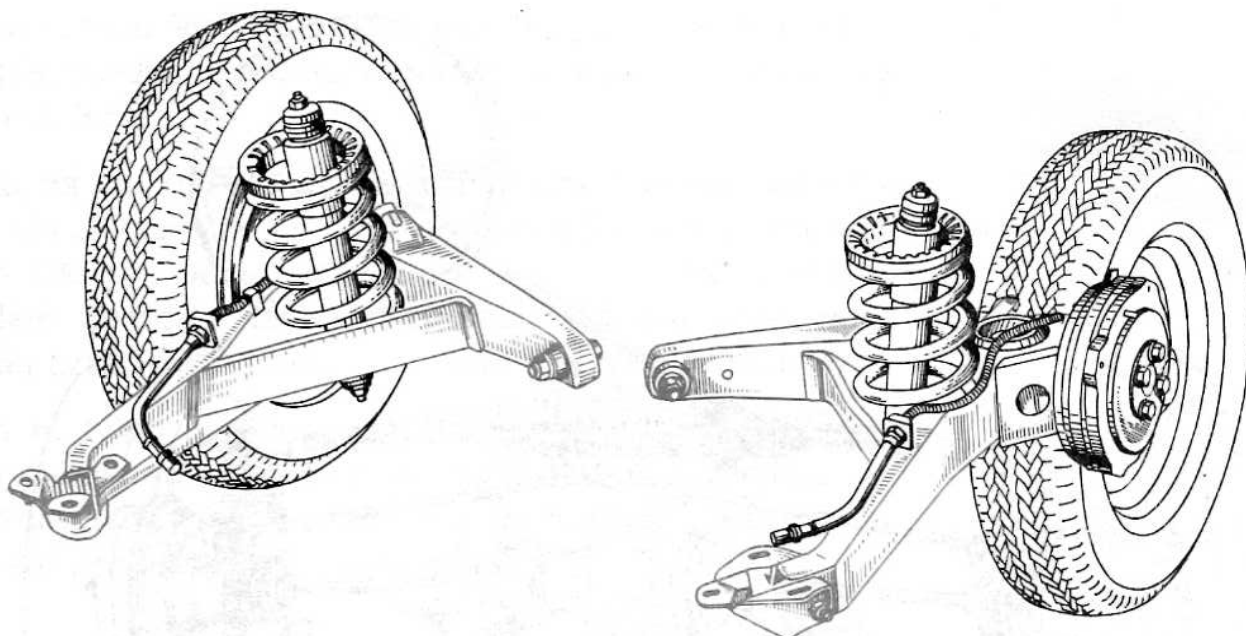
Rodzaje zawieszeń niezależnych. Koła jednej osi samochodu są zawieszone niezależnie, jeżeli ich osie nie są połączone ze sobą belką osi ani pochwą mostu napędowego.

Układy konstrukcyjne zawieszenia niezależnego można podzielić na kilka zasadniczych grup (rys. 3.48):

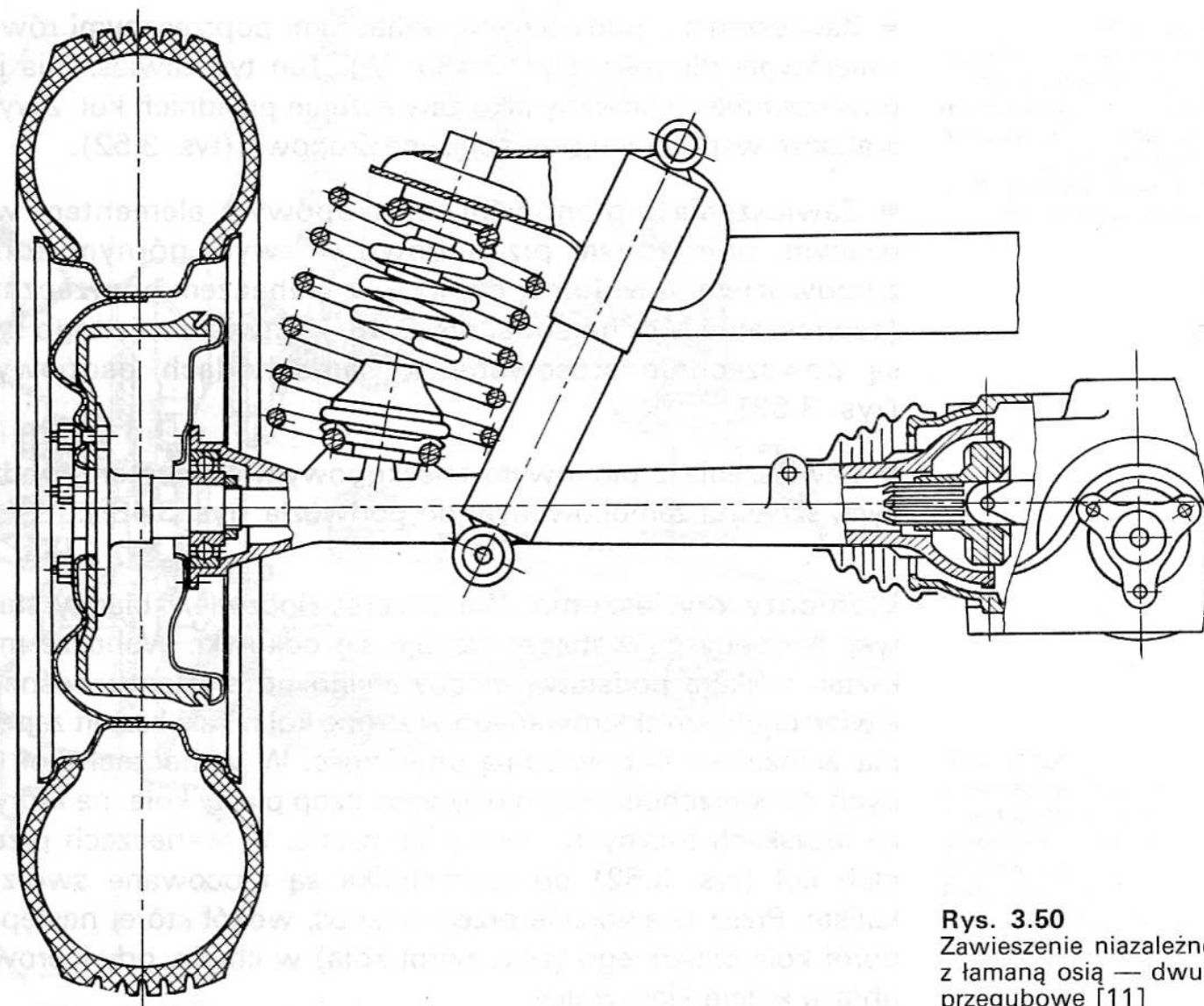


Rys. 3.48
Schematy zasadniczych rodzajów zawieszeń niezależnych [2]

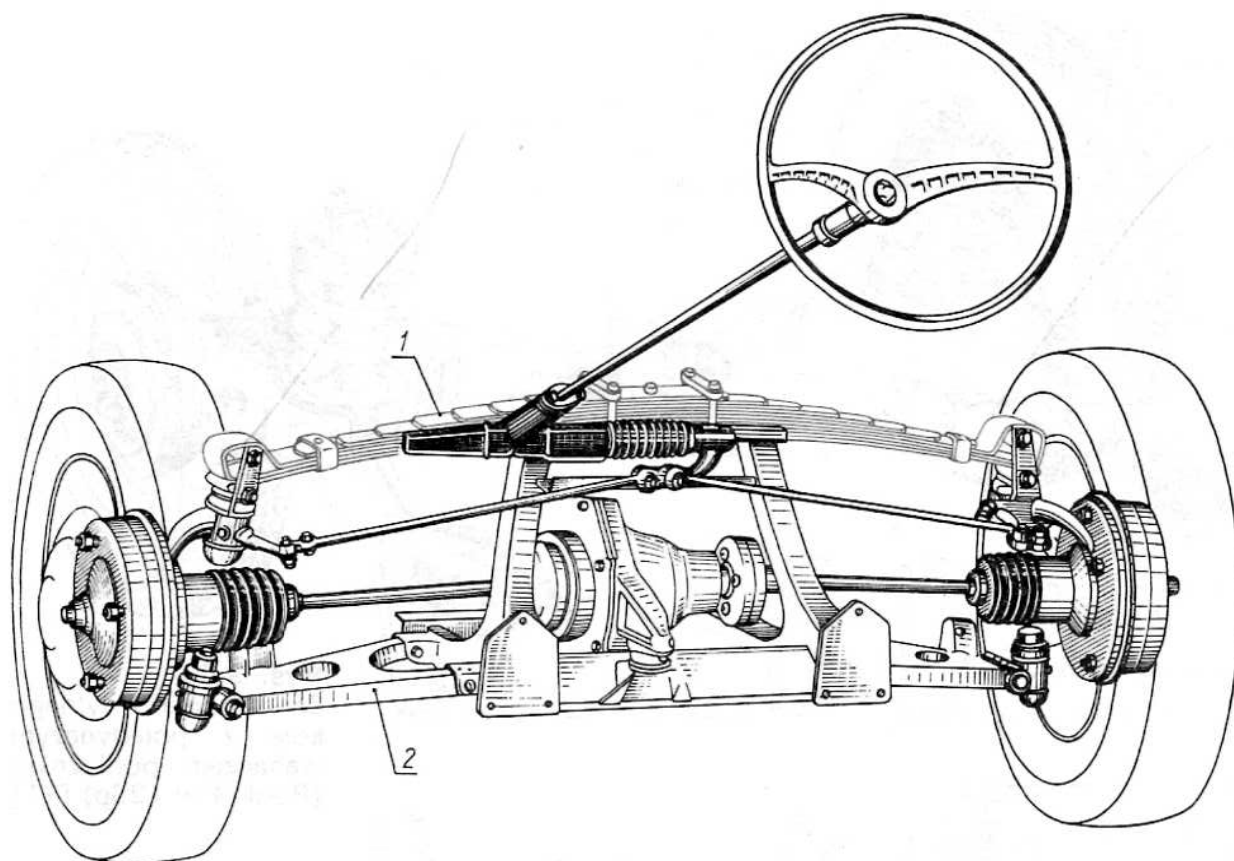
- Zawieszenia na pojedynczych lub podwójnych wahaczach podłużnych, o osiach poprzecznych lub ukośnych (rys. 3.48a i b). Jako elementy resorujące stosuje się tu wszystkie omówione wyżej elementy sprężyste, z wyjątkiem resorów piórowych (rys. 3.49).
- Zawieszenia z osią łamaną jedno- lub dwuprzegubową (rys. 3.48c i d). W tych przypadkach koło jest prowadzone poprzecznie przez półoś napędową, natomiast wzdłużnie — przez wahacz podłużny. Stosuje się tu wszystkie rodzaje elementów sprężystych (rys. 3.50).
- Zawieszenia z podwójnymi piórowymi resorami poprzecznymi lub z pojedynczym resorem poprzecznym i wahaczami poprzecznymi (rys. 3.48e i f). To ostatnie rozwiązanie było stosowane w zawieszeniach samochodów osobowych (rys. 3.51).



Rys. 3.49
Zawieszenie tylnego koła z pojedynczym wahaczem podłużnym (Polski Fiat 126p) [11]



Rys. 3.50
Zawieszenie niezależne z łamaną osią — dwuprzegubowe [11]



Rys. 3.51

Zawieszenie niezależne kół przednich napędzanych z poprzecznym resorem piórowym (Trabant) [11]

1 — resor piórowy, 2 — wahacze poprzeczne

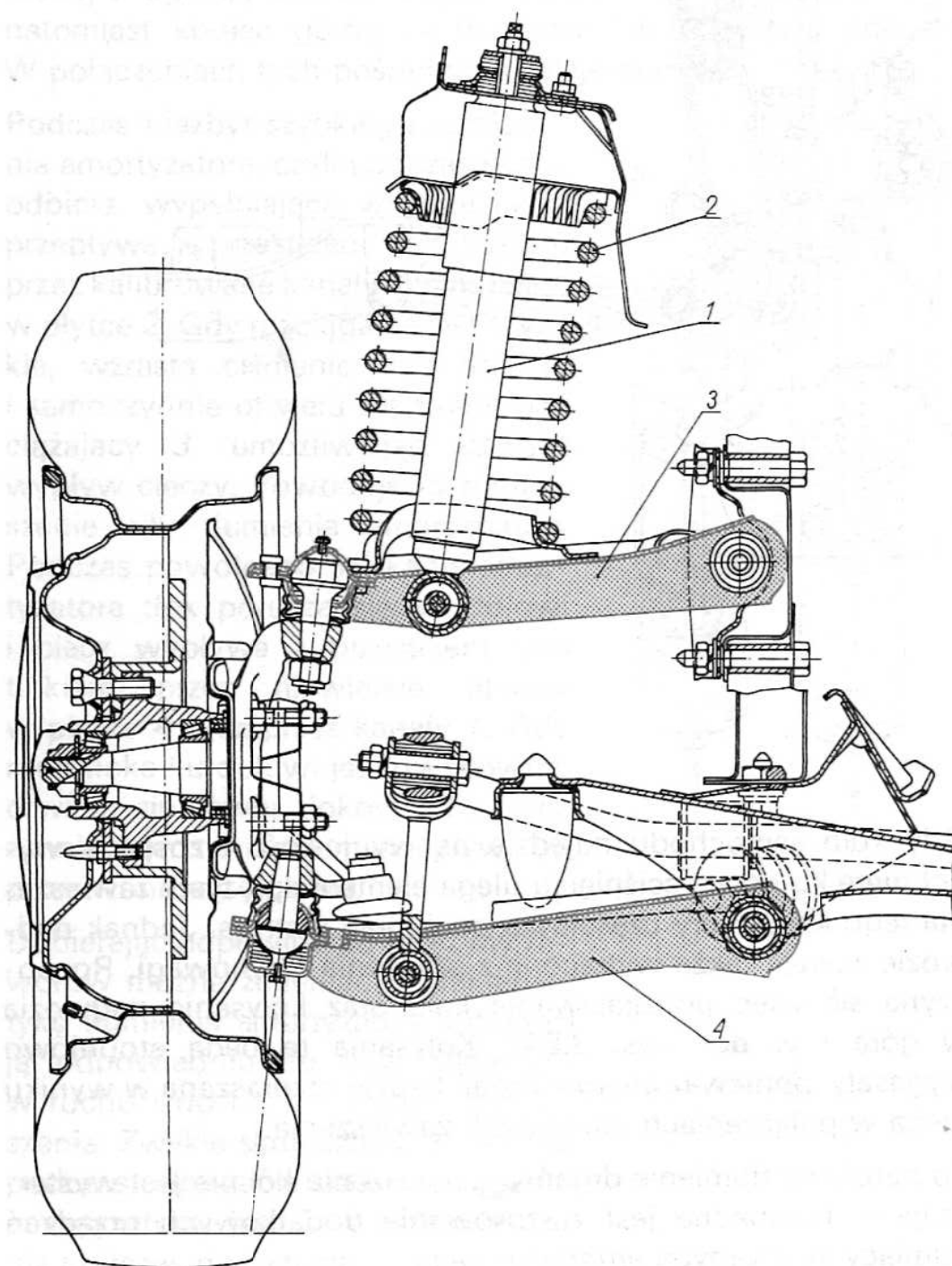
- Zawieszenia z podwójnymi wahaczami poprzecznymi równej i nierównej długości (rys. 3.48g i h). Ten typ zawieszenia jest powszechnie stosowany jako zawieszenie przednich kół. Zwykle wahacze współpracują ze sprężyną śrubową (rys. 3.52).
- Zawieszenia z pionowym teleskopowym elementem wodzącym, połączonym przegubowo w swym górnym końcu z podwoziem, a w dolnej części — z wahaczem poprzecznym (zawieszenie McPhersona, rys. 3.48i). Zawieszenia tego typu są powszechnie stosowane w samochodach osobowych (rys. 3.53).
- Zawieszenia z pionowym teleskopowym elementem wodzącym, sztywno zamocowanym do podwozia (rys. 3.48j).

Elementy zawieszenia. Wahacze są tłoczone z blachy stalowej. Niekiedy na wahacze stosuje się odkuwki. Wahacze mają kształt trójkąta podstawą mocowanego do elementu nośnego, a wierzchołkiem skierowanego w stronę koła. Taki kształt zapewnia wahaczom odpowiednią sztywność. W wahaczach kół tylnych do wierzchołka jest mocowany czop piasty koła, na którym, na łożyskach tocznych, obraca się piasta. W wahaczach przednich kół (rys. 3.52) do wierzchołka są mocowane sworznie kuliste. Przez te sworznie przechodzi oś, wokół której następuje obrót koła przedniego (tzw. zwrot koła) w chwili, gdy kierowca obraca kołem kierownicy.

W zawieszeniu typu McPhersona oś obrotu koła stanowi kolumna resorująca, osadzona u dołu w wahaczu za pomocą sworznia kulistego (rys. 3.53).

Ze względu na stosunkowo niewielkie ruchy kątowe wahacze mocuje się do elementów nośnych samochodu za pomocą tulei gumowych. Skrętne odkształcenia gumy umożliwiają ruch wahaczy. Tuleje gumowe izolują nadwozie od wahaczy, gdyż przynajmniej częściowo tłumią wzbudzone w nich drgania.

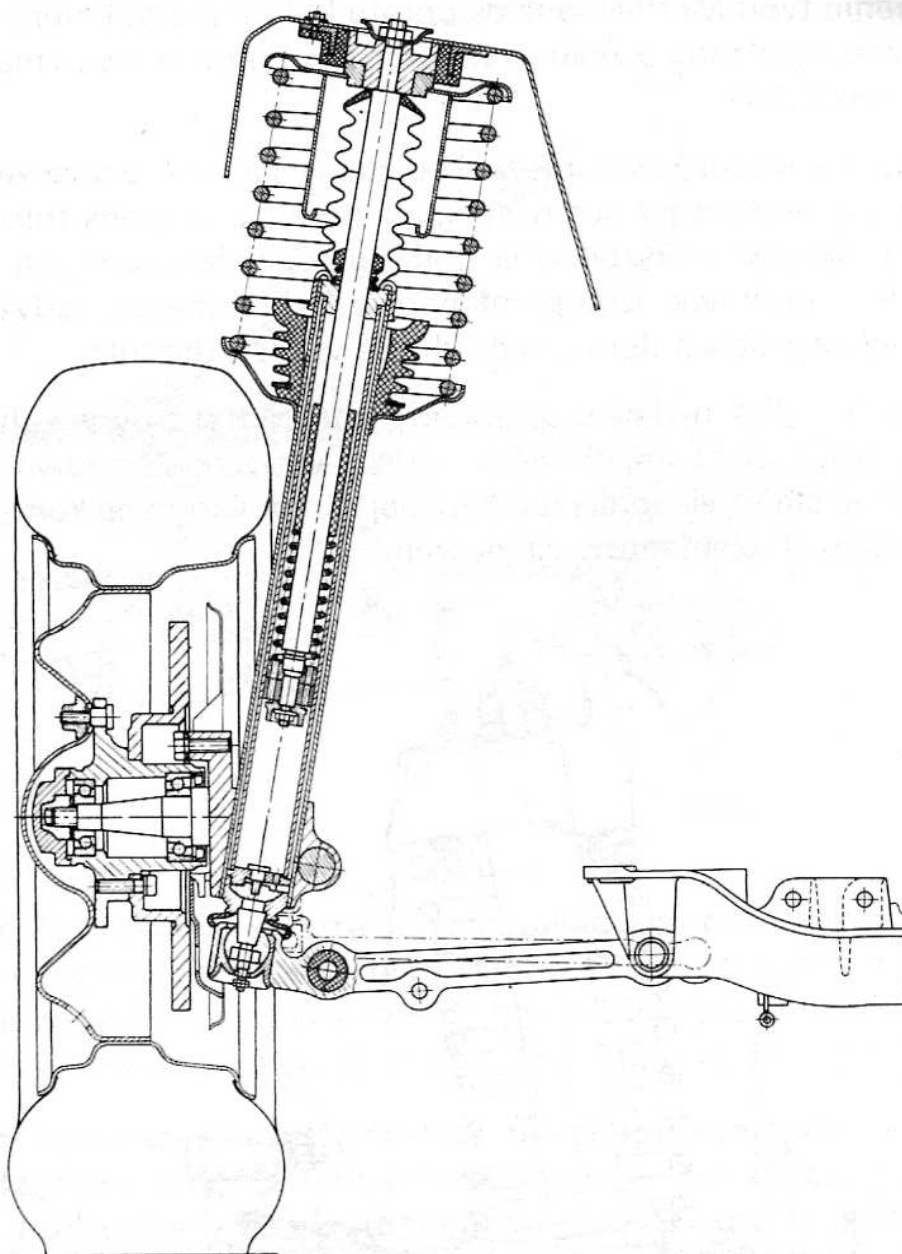
Omówiono tu tylko nieliczne przykłady spośród stosowanych konstrukcji zawiesznień samochodów. Jednak wszystkie stosowane konstrukcje stanowią mniej lub bardziej skomplikowane kombinacje opisanych elementów zawiesznień.



Rys. 3.52

Zawieszenie niezależne przedniego koła z podwójnymi wahaczami poprzecznymi (Polski Fiat 125p) [11]

1 — amortyzator teleskopowy, 2 — sprężyna śrubowa, 3 — wahacz górny, 4 — wahacz dolny

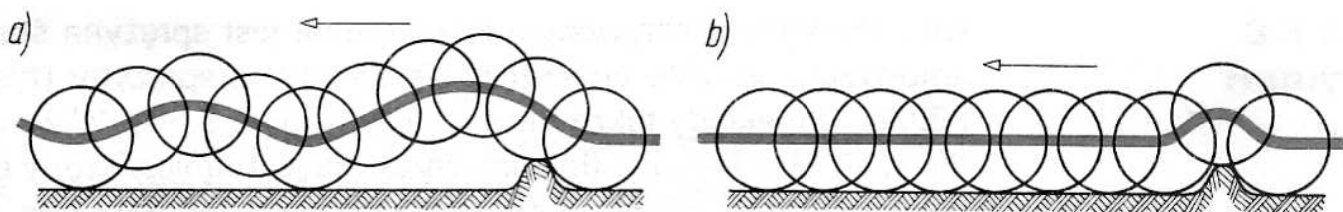


Rys. 3.53
Przednie zawieszenie ty-
pu MacPhersona [11]

3.3.6 Amortyzatory

Gdy koło samochodu najedzie na wyniosłość i zostanie wypchnięte ku górze, ściśnięciu ulega element sprężysty zawieszenia tego koła, który częściowo pochłonie wstrząs. Jednak nadwozie zostaje także wytrącone z położenia równowagi. Rozpoczyna się więc podskakiwanie koła oraz kołysanie nadwozia w górę i w dół (rys. 3.54). Kołysania te będą stopniowo wygasły, ponieważ energia drgań będzie rozpraszana w wyniku tarcia w połączeniach ruchowych zawieszenia.

To naturalne tłumienie drgań w zawieszeniu kół nie jest wystarczające. Niezbędne jest zastosowanie dodatkowych urządzeń tłumiących, zwanych *amortyzatorami*.



Działanie amortyzatorów polega na przepompowywaniu cieczy przez niewielkie, kalibrowane otwory. Praca potrzebna do pokonywania oporów przepływu jest wykonywana kosztem energii drgań pojazdu, dzięki czemu następuje tłumienie tych drgań. Są to *amortyzatory hydrauliczne*.

Najpowszechniej są stosowane *amortyzatory teleskopowe* (rys. 3.55). Dolny koniec amortyzatora jest przymocowany do jednej z uginających się części zawieszenia (wahacz, oś itp.), natomiast koniec górny — do ramy lub nadwozia pojazdu. W połączeniach tych pośredniczą tuleje gumowe.

Podczas niezbyt szybkiego rozciągania amortyzatora, czyli podczas skoku odbicia, wypełniająca wnętrze ciecz przepływa z przestrzeni nad tłokiem przez kalibrowane kanały 1 wykonane w płytce 2. Gdy rozciąganie jest szybkie, wzrasta ciśnienie nad tłokiem i samoczynnie otwiera się zawór odciążający 3, umożliwiając szybszy wypływ cieczy. Powoduje to zmniejszenie siły tłumienia amortyzatora. Podczas powolnego ściskania amortyzatora tłok porusza się ku dołowi i ciecz wypływa z przestrzeni pod tłokiem przez niewielkie otwory w płytce 4 oraz przez kanały 1. Gdy ruch tłoka ku dołowi jest gwałtowny, otwiera się zawór tłokowy 2 i ciecz z mniejszym tłumieniem przepływa do przestrzeni nad tłokiem.

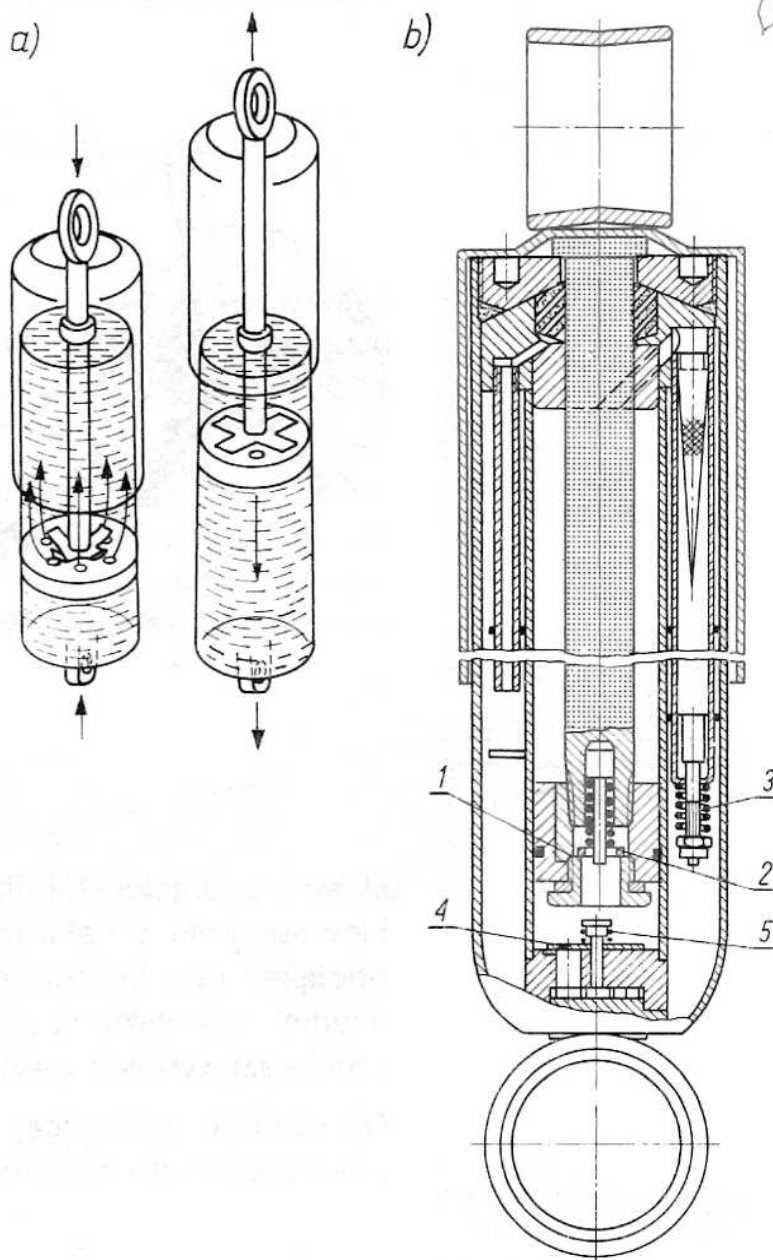
Dobierając odpowiednio sprężyny zaworów można zmieniać charakterystykę tłumienia amortyzatora i dobrać ją odpowiednio do mas będących w ruchu i do charakterystyki zawieszenia. Zwykle skuteczność tłumienia podczas odciążania koła (rozciąganie amortyzatora) jest 2 ÷ 4 razy większa niż podczas dociążania.

Rys. 3.54

Zachowanie się koła samochodu: a) bez amortyzatora, b) z amortyzatorem [15]

Rys. 3.55

Amortyzator teleskopowy: a) zasada działania, b) konstrukcja
1 — kanały, 2, 4 — płytki, 3, 5 — zawory

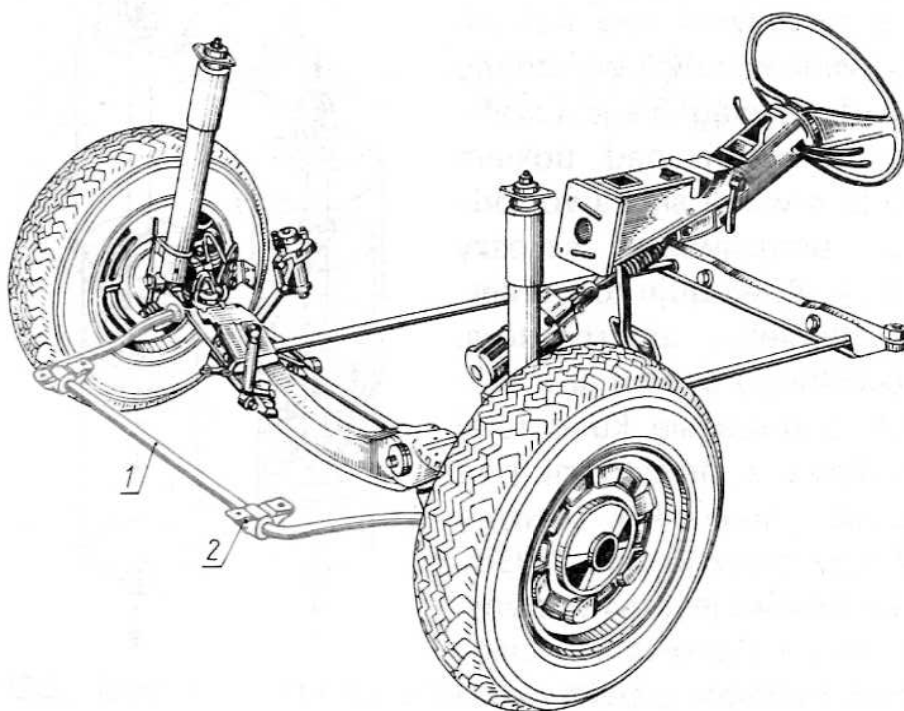


Gdy elementem sprężystym zawieszenia jest sprężyna śrubowa, amortyzator zwykle umieszcza się wewnątrz sprężyny (rys. 3.49 i 3.52), a niekiedy także obok sprężyny (rys. 3.50). W zawieszeniu typu McPhersona tłok amortyzatora jest umieszczony bezpośrednio w kolumnie będącej elementem zawieszenia (rys. 3.53).

3.3.7 Stabilizatory

Uginanie się zawieszonych kół pojazdu powoduje, że podczas jazdy po łuku działające na nadwozie samochodu siły odśrodkowe powodują przechylenie się nadwozia, poprzecznie do kierunku ruchu samochodu. Ten niepożądany efekt może być znacznie zmniejszony przez zastosowanie *stabilizatorów*.

Najpowszechniej są stosowane stabilizatory mechaniczne w postaci *drążków skrętnych*, połączonych końcami z elementami zawieszenia kół obu stron jednej osi pojazdu (rys. 3.56). Stopień



Rys. 3.56
Stabilizator mechaniczny [11]
1 — stabilizator, 2 — łożyska z tulejami gumowymi związane z nadwoziem

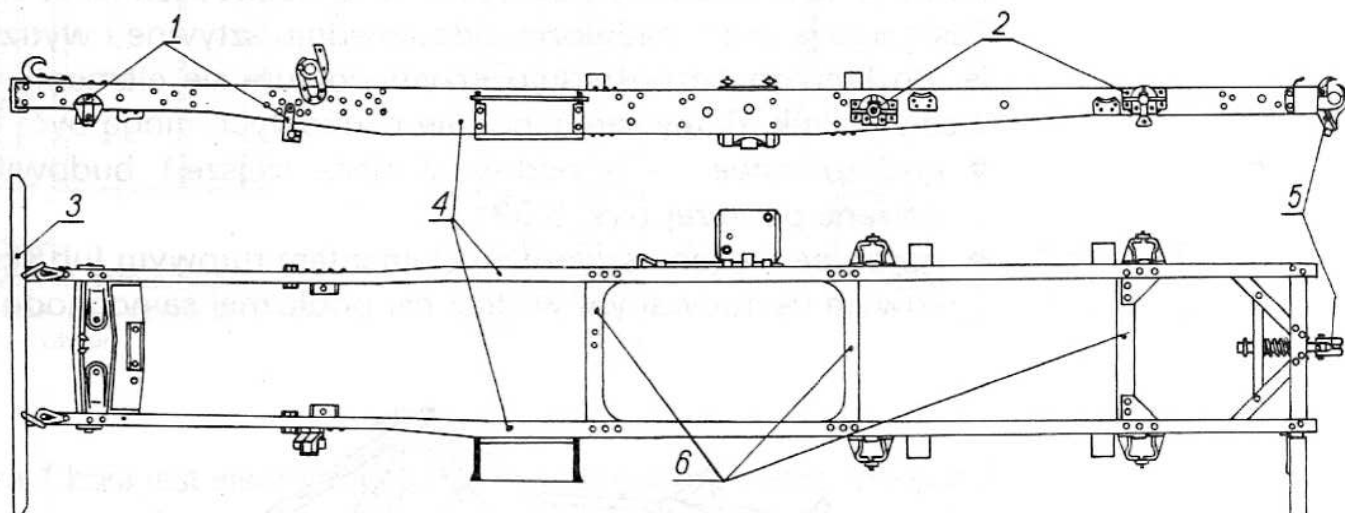
skręcenia drążka stabilizatora odpowiada różnicy ugięć prawego i lewego koła. Działanie stabilizatora zmniejsza chwilową różnicę obciążeń obu kół jednej osi, czyli powoduje chwilowe „utwardzenie” zawieszenia po stronie bardziej obciążonej oraz zmniejszenie sztywności zawieszenia po stronie mniej obciążonej.

Oba końce pracującej części drążka skrętnego stabilizatora są umocowane do nadwozia za pośrednictwem tulei gumowych.

3.3.8 Ramy

Rama pojazdu samochodowego stanowi element nośny podwozia, który wiąże w konstrukcyjną całość zespoły podwozia oraz nadwozie.

Najczęściej spotykana — szczególnie w samochodach ciężarowych — jest *rama podłużnicowa*. Składa się ona z dwóch sztywnych belek podłużnych (podłużnic), które połączone ze sobą kilkoma belkami poprzecznymi tworzą w przybliżeniu pro-



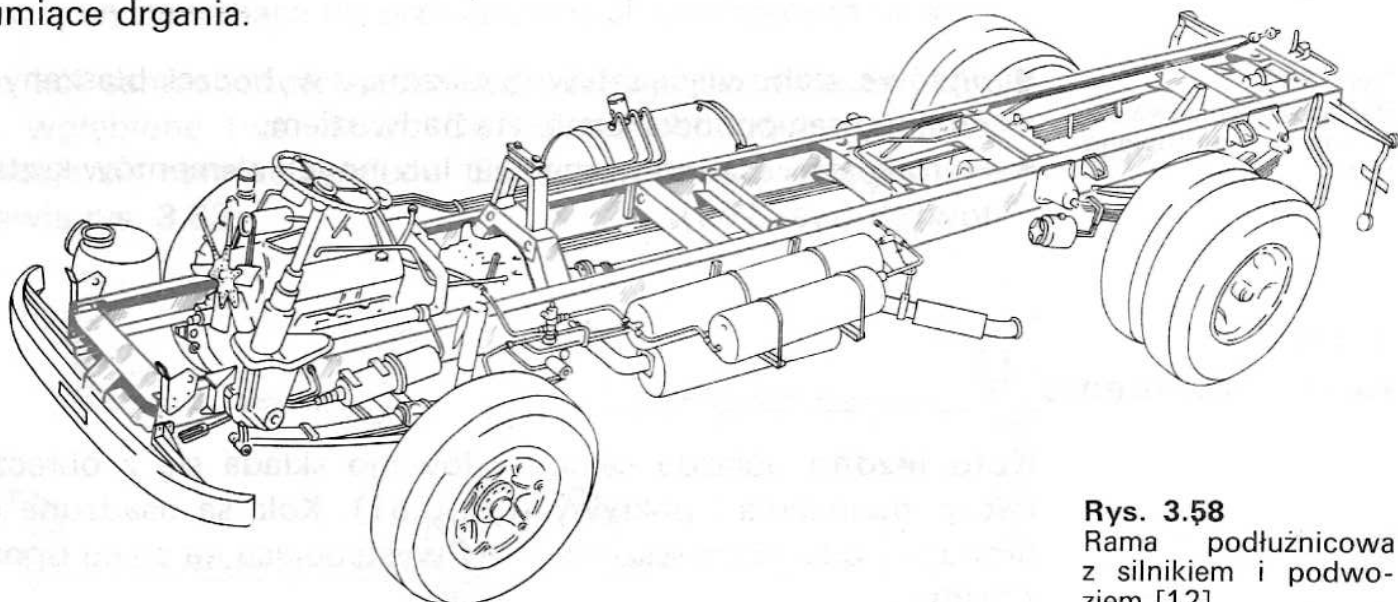
stokątny szkielet (rys. 3.57). Do tego szkieletu są przymocowane pozostałe, drobne części ramy, jak uchwyty, wsporniki, zderzaki itp. Elementy ramy są ze sobą połączone za pomocą nitów lub są ze sobą spawane.

Do tak zbudowanej ramy przymocowuje się wszystkie mechanizmy podwozia, silnik i nadwozie (rys. 3.58). Zarówno silnik, jak i nadwozie (kabina kierowcy) są wsparte na ramie za pośrednictwem poduszek gumowych, stanowiących dodatkowe elementy tłumiące drgania.

Rys. 3.57

Rama podłużnicowa samochodu ciężarowego [11]

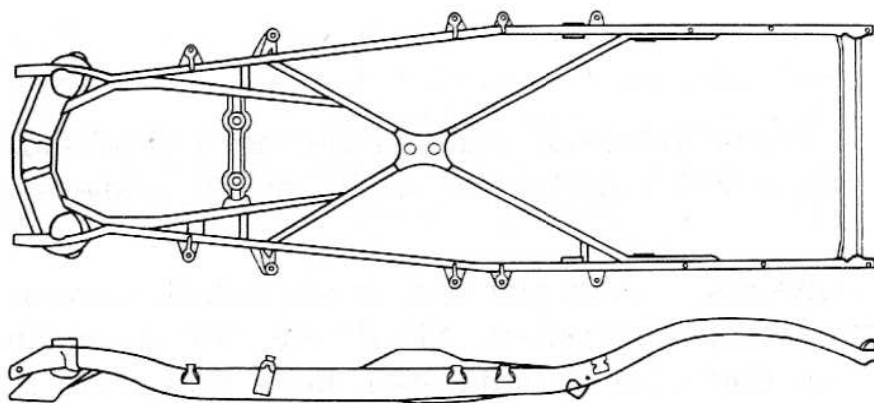
1, 2 — uchwyty resorów,
3 — zderzak przedni, 4 —
podłużnice, 5 — sprzęg
z przyczepą, 6 — belki po-
przeczne



Rys. 3.58

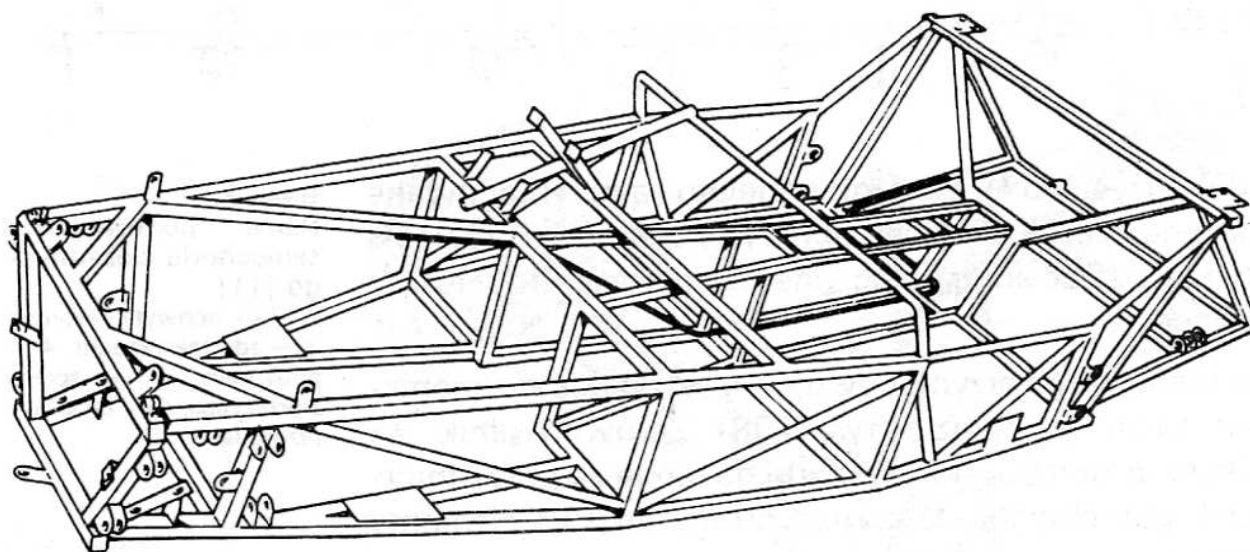
Rama podłużnicowa z silnikiem i podwoziem [12]

Rys. 3.59
Rama podłużnicowa samochodu osobowego [11]



Ramy są coraz rzadziej stosowane w samochodach osobowych. Zastępuje je samo nadwozie, odpowiednio sztywne i wytrzymałe, do którego bezpośrednio przymocowuje się elementy podwozia i silnik. Ramy samochodów osobowych mogą być:

- *podłużnicowe* — o podobnej (lecz lżejszej) budowie jak opisane powyżej (rys. 3.59);
- *centralne*, będące sztywnym elementem rurowym lub skrzynkowym usytuowanym wzdłuż osi podłużnej samochodu;

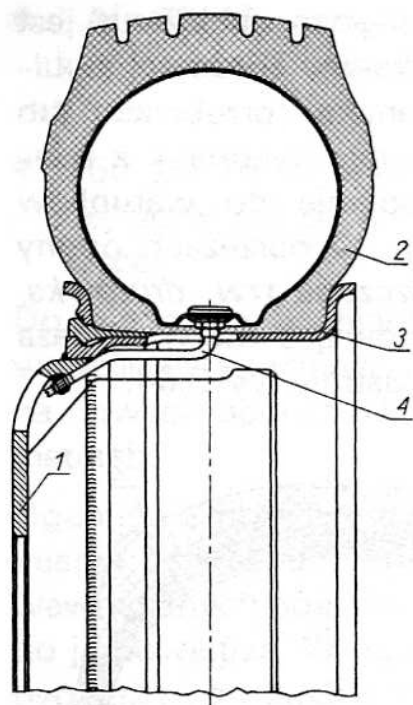


Rys. 3.60
Rama kratownicowa samochodu sportowego [18]

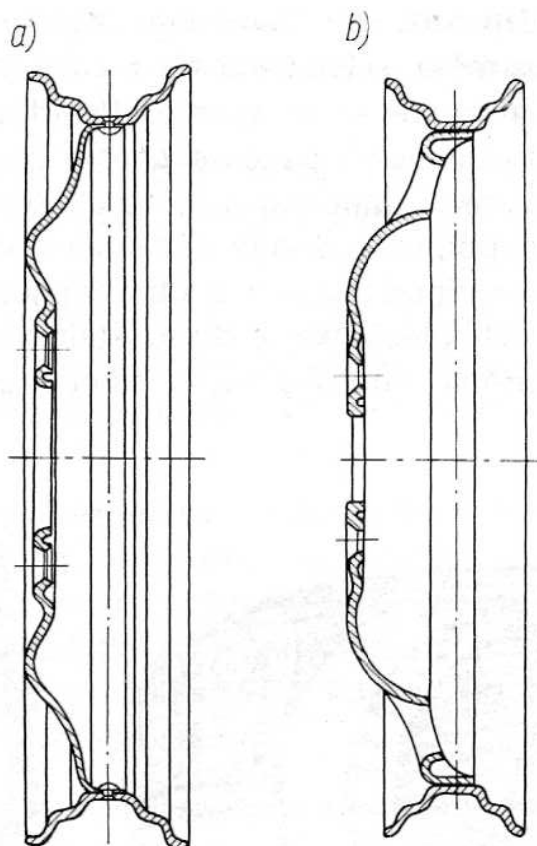
- *plytowe*, stanowiące sztywną, złożoną z wytłoczek blaszanych podłogę samochodu, przykrytą nadwoziem;
- *kratownicowe*, zbudowane z rur lub innych elementów kształtowych (rys. 3.60).

3.3.9 Koła i ogumienie

Koło jezdne pojazdu samochodowego składa się z obręczy, tarczy, ogumienia i pokrywy (rys. 3.61). Koła są osadzone na piastach i przenoszą wszystkie siły występujące na styku opony z jezdnią.



Rys. 3.61
Koło jezdne samochodu
1 — tarcza, 2 — opona, 3 — obręcz, 4 — zawór

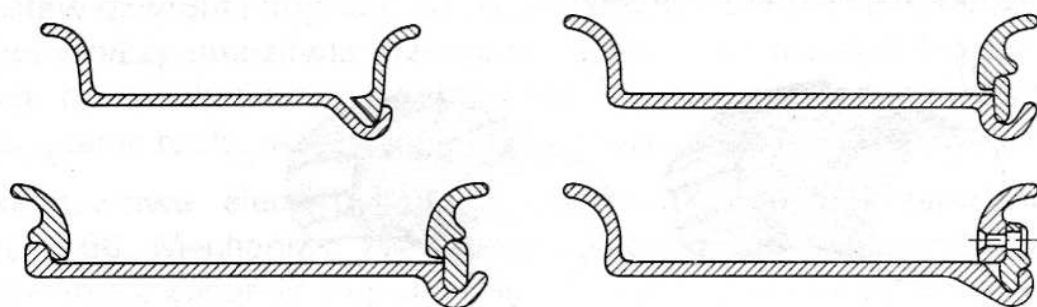


Rys. 3.62
Obręcze kół samochodów osobowych [11]

Tarcza 1 koła jest elementem łączącym obręcz 3 z piastą. Obręcz 3 koła to metalowy wieniec, służący do mocowania ogumienia 2. Zarówno tarcze, jak i obręcze kół są wykonywane jako wylitki stalowe. Niekiedy w samochodach sportowych i motocyklach stosuje się nierozdzielne tarcze kół z obręczami, odlane ze stopów lekkich. W motocyklach zamiast tarcz kół stosuje się niekiedy połączenia szprychowe.

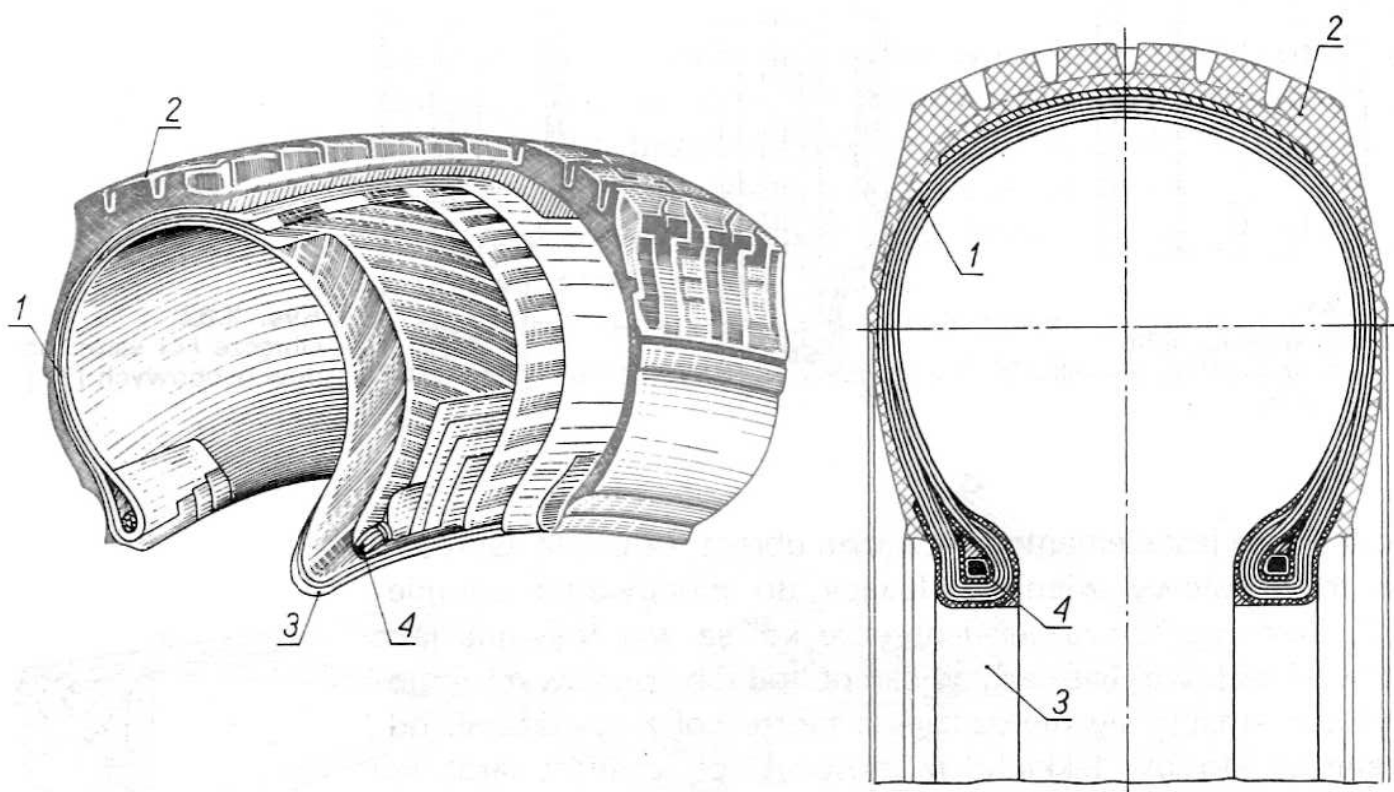
Obręcze kół muszą mieć kształt dopasowany do rodzaju osadzonego na nich ogumienia. Opona musi być tak osadzona, aby po jej napompowaniu między oponą i obręczą występowała siła tarcia, wystarczająca do przenoszenia sił działających na koło.

Do kół samochodów osobowych stosuje się obręcze jednolite, wgłębione (rys. 3.62). Do kół samochodów ciężarowych stosuje się obręcze dzielone. Sposoby podziału obręczy przedstawia rys. 3.63.



Rys. 3.63
Obręcze dzielone kół samochodów ciężarowych [11]

Ogumienie. Elementem opony przenoszącym obciążenie jest *osnowa*, składająca się z kilku warstw tkaniny kordowej zwulkanizowanej w gumie. Przed uszkodzeniem (przebicciem lub przetarciem) *osnowę chroni* bieżnik opony, wykonany z mieszanki gumowej i ukształtowany stosownie do warunków współpracy opony z nawierzchnią drogi. W obrzeżach opony współpracujących z obręczą jest umieszczona tzw. *drutowka*, czyli plecionka z drutu stalowego, stanowiąca rdzeń obrzeża opony. Budowę opony samochodowej ilustruje rys. 3.64.



Rys. 3.64

Budowa opony samochodowej [11]

1 — osnowa, 2 — bieżnik,
3 — obrzeże, 4 — drutowka

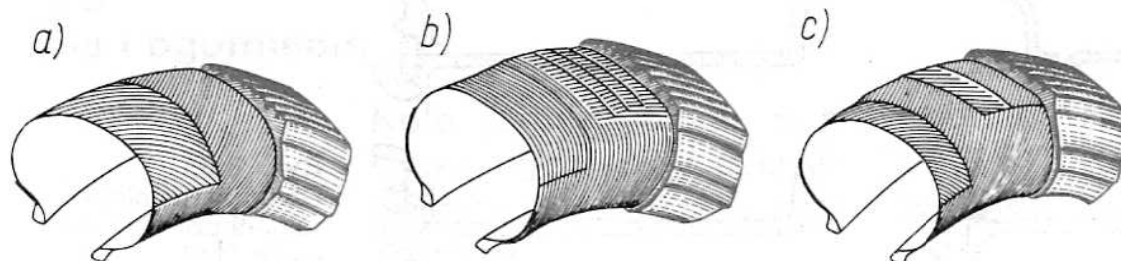
Ze względu na sposób ułożenia warstw tkaniny kordowej w osnowie rozróżnia się opony: *diagonalne*, *radialne* i *opasane*. Opona diagonalna (rys. 3.65a) ma warstwy tkaniny ułożone w sposób krzyżowy, radialna (rys. 3.65b) — wzdłuż obwodu przekroju poprzecznego opony. Opona opasana (rys. 3.65c) ma dodatkowy pas tkaniny, opasujący ją wzdłuż obwodu koła.

Rys. 3.65

Budowa podstawowych typów opon: a) diagonalnej, b) radialnej, c) opasanej [16]

Wymiary opon są znormalizowane. W samochodach osobowych najczęściej spotyka się następujące rodzaje oznaczeń opon:

- 5.60—15 — opona diagonalna o szerokości 5,60 cala i średnicy wewnętrznej 15 cali;



- 5.60 SR 15 — opona radialna (R), przeznaczona do szybkiej jazdy (S) o szerokości 5,60 cala i średnicy wewnętrznej 15 cali;
- 5.60 SB 15 — opona opasana (B), przeznaczona do szybkiej jazdy (S) o szerokości 5,60 cala i średnicy wewnętrznej 15 cali.

Do niedawna wymiary opon podawano w calach. Obecnie wytwórnice ogumienia przechodzą na system metryczny; dlatego na nowych oponach spotyka się już wymiary wyrażone w milimetrach.

Ogumienie może być dętkowe lub bezdętkowe. Szczelność ogumienia dętkowego zapewnia dętka, dokładnie przylegająca do wewnętrznych powierzchni opony dzięki ciśnieniu rozprężającego ją powietrza. W ogumieniu bezdętkowym sama opona musi być szczelna i dokładnie przylegać do obręczy. W kole z oponą bezdętkową zawór jest osadzony w obręczy.

W samochodach wszystkie koła są jednakowe, wymienne. Koła samochodów osobowych, lekkie i przeznaczone do szybkiej jazdy, powinny być wyrównoważone. Koła wyrównoważa się na specjalnych wyważarkach, uzupełniając niewielkie miejscowe niedobory masy przez mocowanie do obręczy ciężarków.

3.4

Mechanizmy prowadzenia

3.4.1

Wprowadzenie

Do mechanizmów prowadzenia zalicza się: układ kierowniczy i układ hamulcowy. Pierwszy z nich umożliwia kierowanie pojazdem, a więc utrzymywanie stałego kierunku jazdy lub jego zmianę, zgodnie z zamiarem kierowcy. Drugi, układ hamulcowy, umożliwia zmniejszanie prędkości jazdy oraz zatrzymywanie pojazdu.

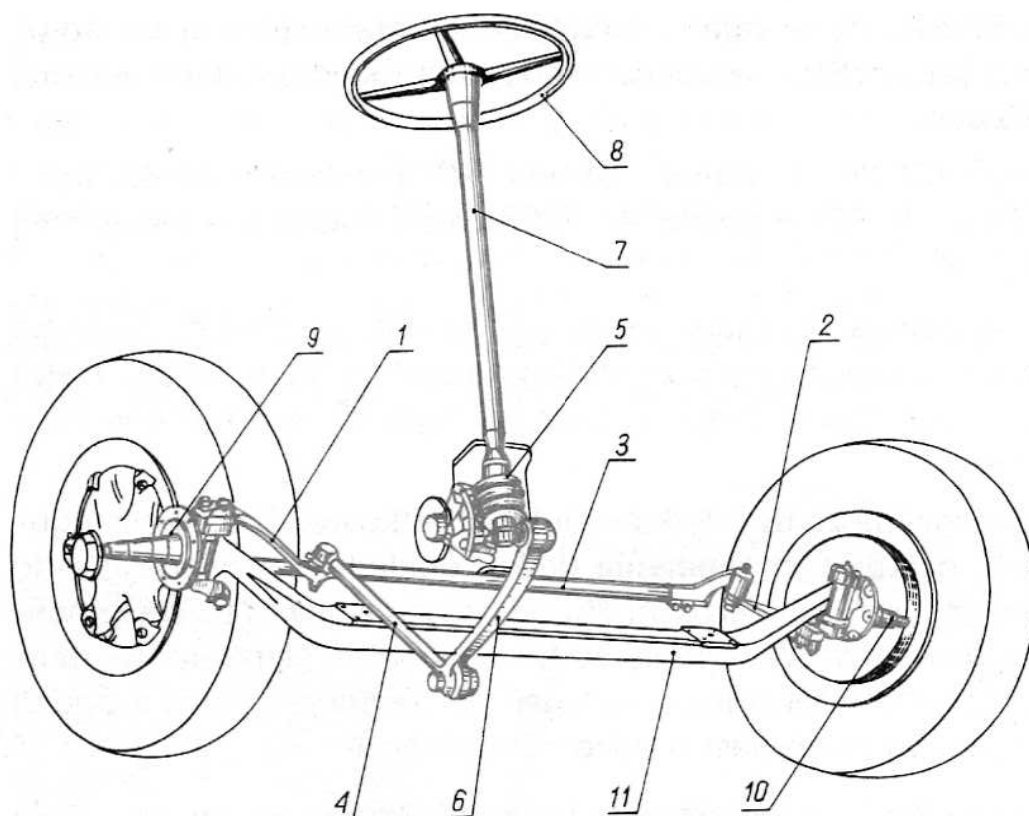
● *Układ kierowniczy* składa się z dwóch mechanizmów — zwrotniczego i kierowniczego. *Mechanizm zwrotniczy* stanowi zestaw dźwigni i drążków łączących koła kierowane. *Mechanizm kierowniczy* umożliwia przenoszenie siły i ruchu z koła kierownicy do mechanizmu zwrotniczego, zapewniając odpowiednie sprzężenie ruchu skręcającego kół z obracaniem koła kierownicy.

Podstawowe elementy układu kierowniczego pokazano na rys. 3.66. Mechanizm zwrotniczy stanowią: ramię 1 zwrotnicy, dźwignie 2 zwrotnic, drążek poprzeczny 3 oraz drążek podłużny 4.

Rys. 3.66

Podstawowe elementy układu kierowniczego [11]

1 — ramię zwrotnicy, 2 — dźwignie zwrotnic, 3 — drążek poprzeczny, 4 — drążek podłużny, 5 — przekładnia kierownicza, 6 — ramię przekładni kierowniczej, 7 — wał kierownicy, 8 — koło kierownicy, 9 — zwrotnica, 10 — czopy zwrotnic, 11 — belka osi przedniej



Mechanizm kierowniczy obejmuje przekładnię kierowniczą 5 wraz z ramieniem 6, wał kierownicy 7 i koło kierownicy 8. Układ kierowniczy służy do zwracania zwrotnic 9 z czopami 10, na których są osadzone koła kierowane pojazdu. Zwrotnice łączy w tym przypadku sztywna belka osi przedniej 11.

● *Układ hamulcowy* samochodu składa się właściwie z kilku niezależnych układów. Są to: układ hamulca zasadniczego oraz układy hamulców pomocniczego i postojowego. Podczas jazdy używa się *hamulca zasadniczego*, natomiast *hamulec pomocniczy* stosuje się w wypadkach awaryjnych. *Hamulca postojowego* używa się do unieruchomienia pojazdu podczas postoju.

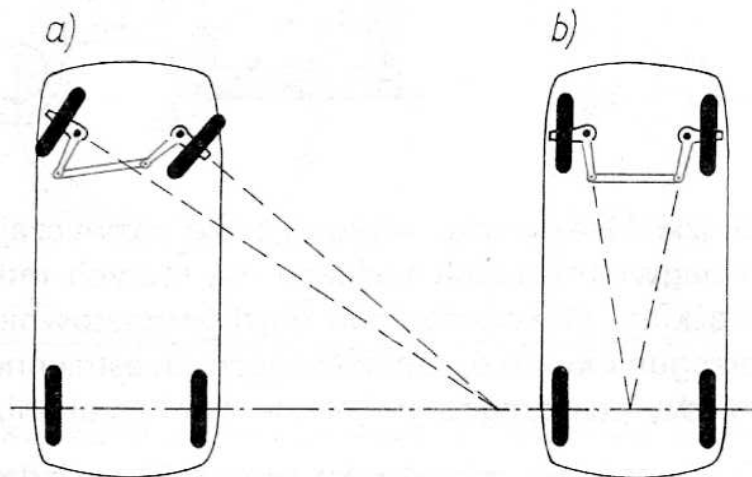
Ze względu na konstrukcję mechanizmów hamujących, znajdujących się w kołach, hamulce dzieli się na *szczękowo-bębnowe* i *tarczowe*. Hamulce mogą być uruchamiane za pomocą układu hydraulicznego lub pneumatycznego.

3.4.2

Mechanizmy zwrotnicze

Dzięki sprzężeniu elementami mechanizmu zwrotniczego oba koła kierowane zwracają się jednocześnie. Jednak kąt, o który jest zwracane każde z tych kół, musi być inny, gdyż koła te znajdują się w różnej odległości od środka obrotu samochodu (rys. 3.67a). Tylko różne kąty zwrócenia kół mogą im zapewnić toczenie się bez poślizgu bocznego.

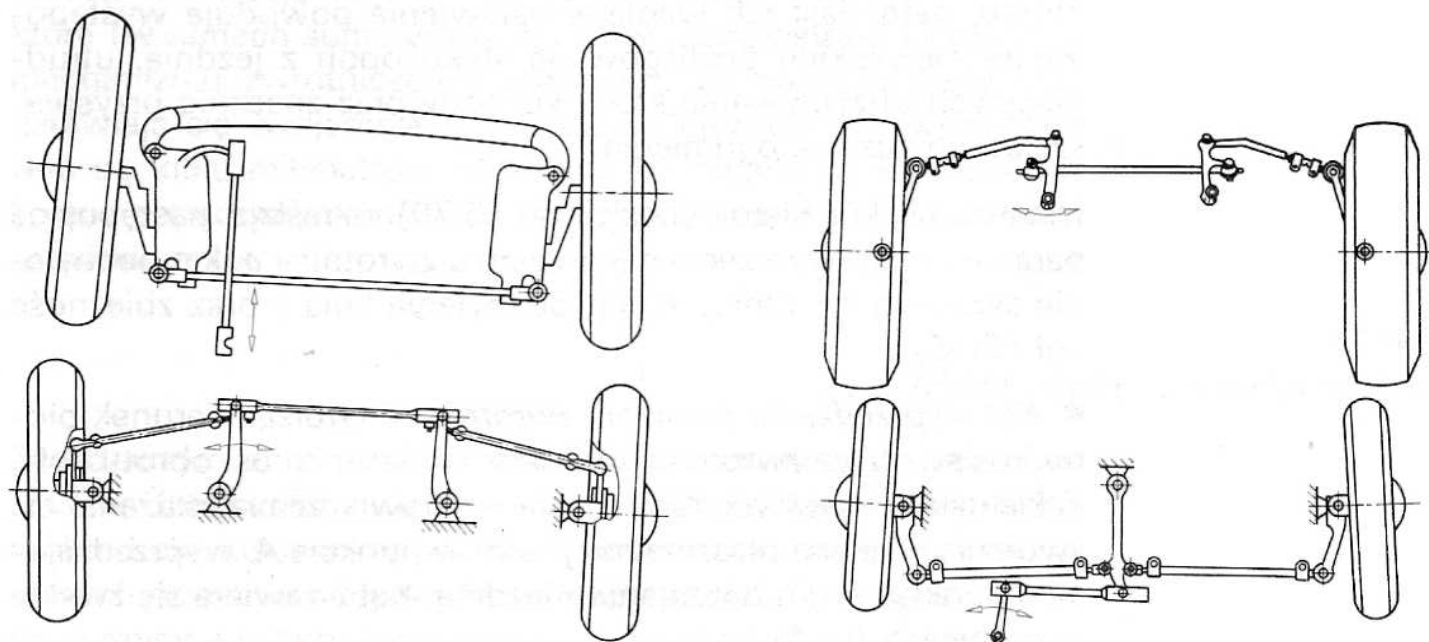
Pożądany sposób zwracania kół kierowanych zapewnia *trapezowy mechanizm zwrotniczy* (rys. 3.67b). W takim mechanizmie, przy ustawieniu kół w kierunku jazdy na wprost, drążek (lub drążki) poprzeczny oraz dźwignie zwrotnic tworzą trapez równoramienny. Przez odpowiednie dobranie długości boków trapezu można uzyskać pożądane tory jazdy obydwu kół.

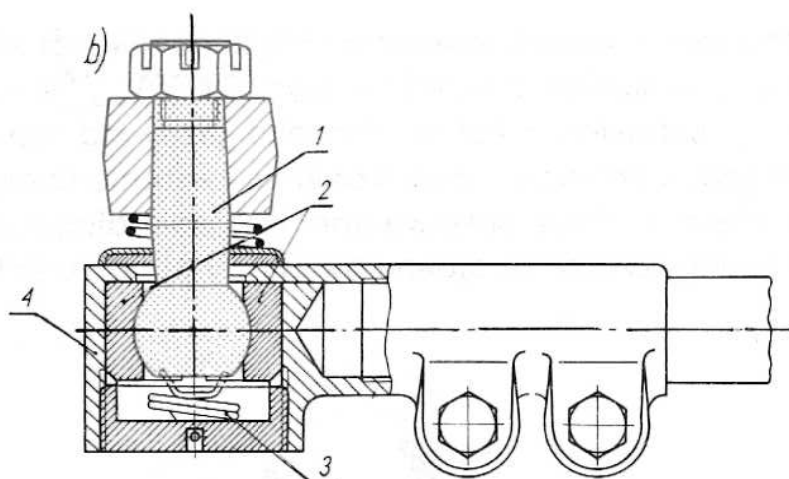
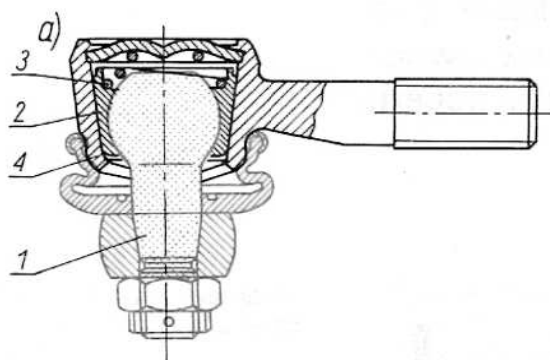


Rys. 3.67
Zasada działania trapezowego mechanizmu zwrotniczego

W samochodach z niezależnym zawieszeniem kół dobór parametrów geometrycznych mechanizmu zwrotniczego jest trudniejszy niż w przypadku sztywnej osi przedniej; przy uginaniu się zawieszenia zmienia się bowiem odległość między końcami dźwigni zwrotnic oraz zmieniają się położenia końców tych dźwigni w kierunku pionowym. Aby pogodzić poprawność działania mechanizmu zwrotniczego z pracą zawieszenia kół kierowanych, trzeba zastosować dzielone drążki kierownicze. Przykłady trapezowych mechanizmów zwrotniczych stosowanych w samochodach z niezależnym zawieszeniem przedstawia rys. 3.68.

Rys. 3.68
Przykłady trapezowych mechanizmów zwrotniczych stosowanych w samochodach z niezależnym zawieszeniem. Strzałki wskazują kierunek ruchu nadawanego mechanizmowi zwrotniczemu przez mechanizm kierowniczy [11]





Rys. 3.69

Przykłady konstrukcji końcówek drążków kierowniczych: a) nierozbieralna, b) rozbieralna

1 — sworzeń kulowy, 2 — segmenty gniazda kulistego, 3 — sprężyna, 4 — obudowa

Drążki kierownicze wykonuje się zazwyczaj z prętów lub rur o nagwintowanych końcach, na których mocuje się końcówki drążków. W końcówkach drążków kierowniczych są osadzone przeguby kulowe, umożliwiające przestrzenne, wzajemne ruchy między poszczególnymi elementami mechanizmu zwrotniczego.

Typowa końcówka drążka (rys. 3.69) składa się z obudowy 4, w której segmenty gniazda kulistego 2 obejmują sworzeń kulowy 1, osadzony nieruchomo w części współpracującej z drążkiem (np. w dźwigni zwrotnicy). Sprężyna 3 służy do kasowania luzu. Gniazdo kuliste jest napełnione smarem stałym.

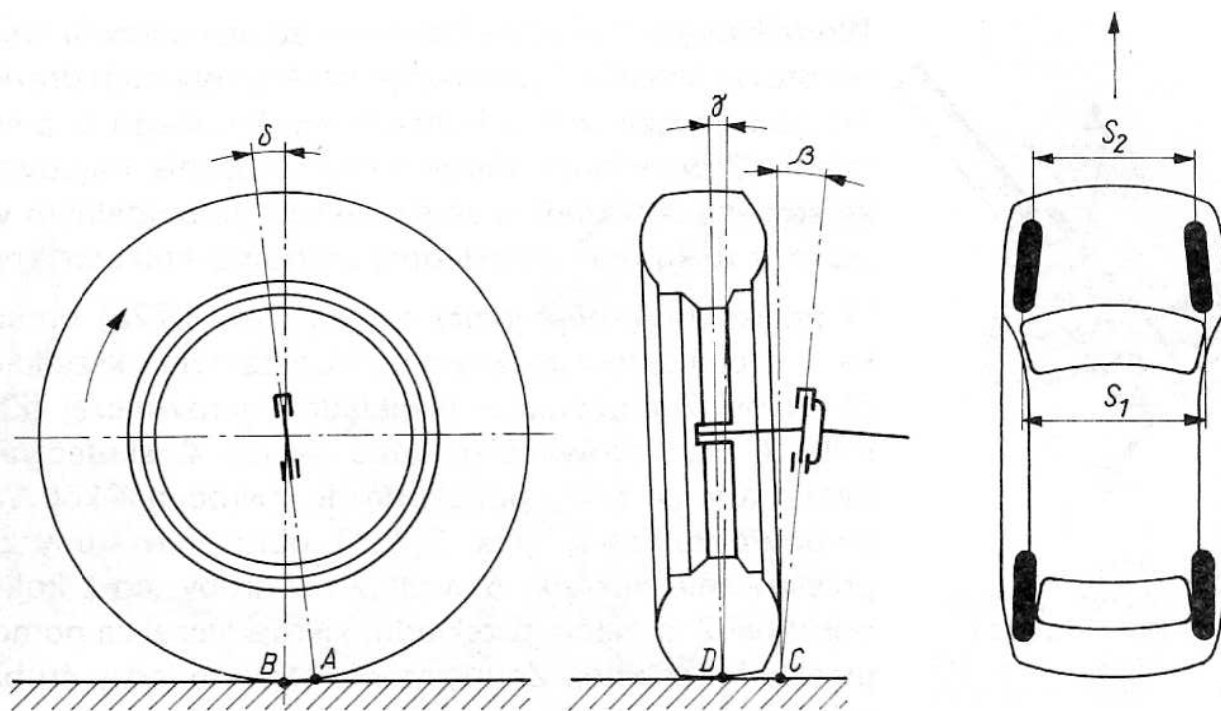
3.4.3

Ustawienie kół kierowanych

Odpowiednie ustawienie kół kierowanych zapewnia samoczynne powracanie skręconych kół do położenia jazdy na wprost oraz samoczynne utrzymywanie przez samochód kierunku jazdy na wprost. Prawidłowe ustawienie kół ułatwia prowadzenie samochodu, natomiast ich wadliwe ustawienie powoduje występowanie niewielkich poślizgów na styku opon z jezdnią, utrudniających utrzymywanie kierunku jazdy oraz znacznie przyspieszających zużycie ogumienia.

Ustawienie kół kierowanych (rys. 3.70) określają następujące parametry: kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy δ , kąt pochylenia sworznia zwrotnicy β , kąt pochylenia koła γ oraz zbieżność kół (S_1-S_2).

- *Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy δ* tworzą: kierunek pionu i oś sworznia zwrotnicy widziane w kierunku osi obrotu koła. Takie ustawienie sworznia zwrotnicy sprawia, że przedłużenie osi sworznia przecina płaszczyznę jezdni w punkcie A, wyprzedzającym punkt B styku ogumienia z jezdnią. Kąt δ zawiera się zwykle w granicach $0 \div 4^\circ$.



- Kąt pochylenia sworznia zwrotnicy β tworzą: kierunek pionu i oś sworznia zwrotnicy widziane z przodu pojazdu.

- Kąt pochylenia koła γ tworzą: kierunek pionu i płaszczyzna symetrii koła.

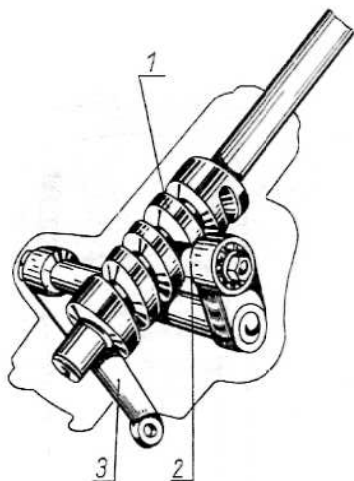
Kąty pochylenia sworznia zwrotnicy β i pochylenia koła γ umożliwiają dobranie najkorzystniejszej odległości między punktami C i D . Odległość ta zazwyczaj wynosi kilka do kilkunastu milimetrów; wówczas $\beta = 4 \div 8^\circ$, a $\gamma = 0 \div 2^\circ$.

- Zbieżnością kół nazywa się różnicę ($S_1 - S_2$) między rozstawami kół kierowanych mierzonymi z tyłu i z przodu, równoległe do jezdni, na wysokości osi obrotu kół. Takie ustawienie kół stosuje się ze względu na siły oporów ruchu samochodu, które działają na każde koło w kierunku przeciwnym ruchowi samochodu. Na kołach występują więc momenty rozchylające koła kierowane, które (w ramach sumarycznych luzów i sprężystości elementów mechanizmu zwrotniczego) sprawiają, że podczas jazdy koła ustawiają się wzajemnie równoległe. Zbieżność kół wynosi od zera do kilku milimetrów. Gdy koła kierowane są jednocześnie kołami napędzanymi, niekiedy stosuje się rozbieżne ku przodowi ustawienie kół.

Rys. 3.70
Ustawienie kół kierowanych [11]

3.4.4 Mechanizmy kierownicze

Zasadniczym zespołem mechanizmu kierowniczego jest *przekładnia kierownicza*. Jej zadaniem jest zamiana obrotowego ruchu koła kierownicy na ruch postępowy drążków kierowniczych oraz zapewnienie właściwego przełożenia między kołem kierownicy a kołami kierowanymi samochodu.



Rys. 3.71

Wodzikowa przekładnia kierownicza [11]

1 — ślimak, 2 — wodzik,
3 — ramię przekładni kierowniczej

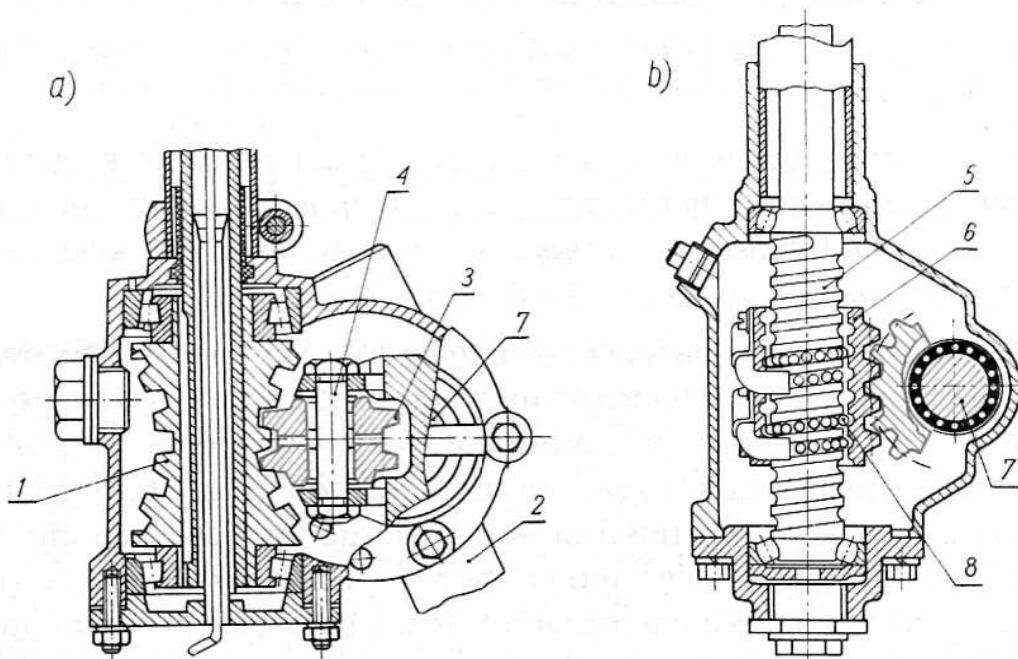
Wodzikową przekładnię kierowniczą przedstawia rys. 3.71. Ruch obrotowy ślimaka 1 powoduje postępowy ruch drążków kierowniczych związanych z końcem wychylonego o pewien kąt ramienia 3 przekładni kierowniczej. Obecnie najpowszechniej są stosowane przekładnie ze ślimakiem globoidalnym współpracującym z rolką oraz przekładnie śrubowo-kulkowe (rys. 3.72).

W przekładni *globoidalnej* z rolką (rys. 3.72a) obracanie ślimaka 1 o charakterystycznym (globoidalnym) kształcie powoduje obrót osi 7 ramienia 2 przekładni kierowniczej. Zastosowanie rolki 3, ułożyskowanej tocznie na osi 4, skutecznie zmniejsza tarcie, a więc i siłę potrzebną do zwrócenia kół. W przekładni *śrubowo-kulkowej* (rys. 3.72b) obracanie śruby 5 powoduje przesuwanie nakrętki 6 wzdłuż osi śruby, co z kolei powoduje obrót osi 7 ramienia przekładni kierowniczej za pomocą wycinka przekładni zębatej. Zmniejszenie tarcia między śrubą i nakrętką uzyskuje się dzięki pośrednictwu kulek 8.

Rys. 3.72

Przekładnie kierownicze: a) globoidalna z rolką, b) śrubowo-kulkowa z nakrętką [11]

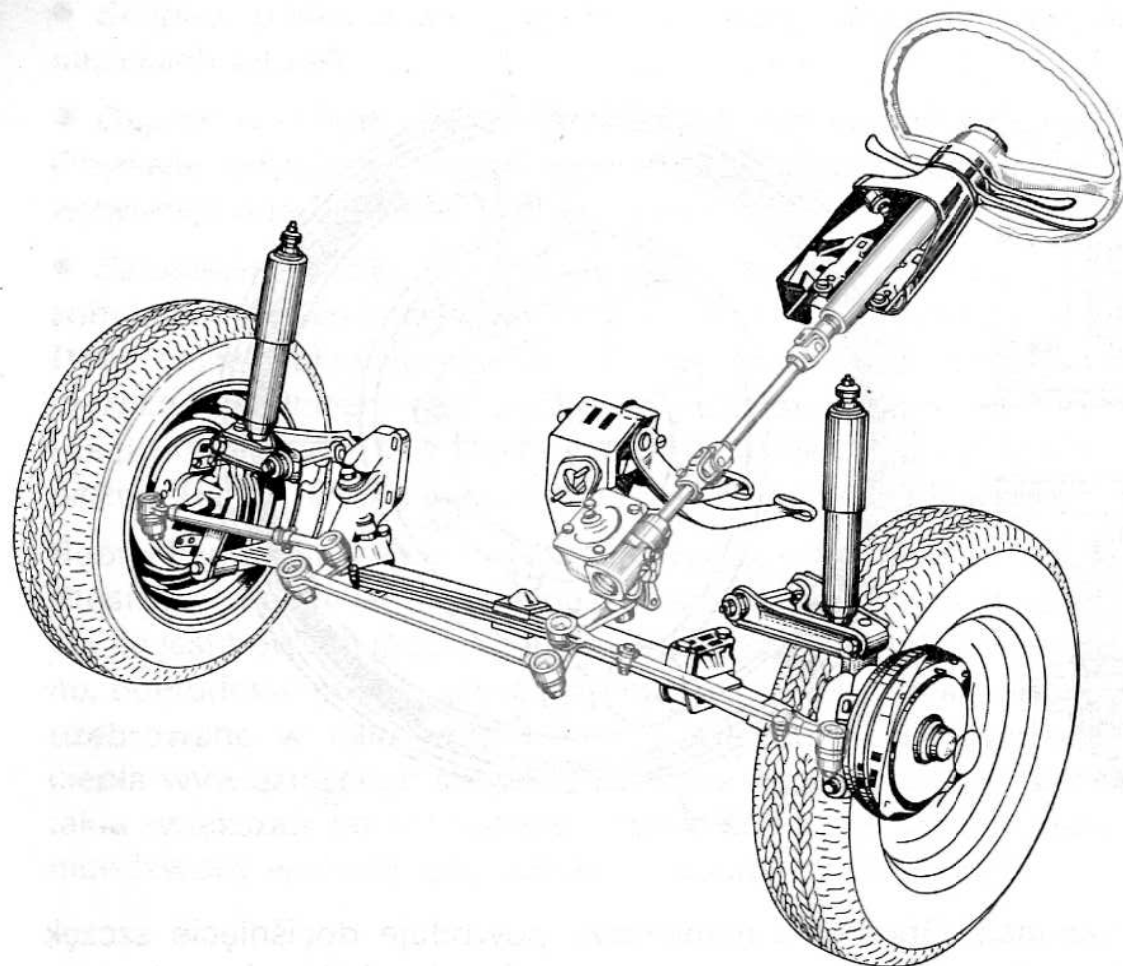
1 — ślimak globoidalny,
2 — ramię przekładni kierowniczej, 3 — rolka, 4 — oś rolki, 5 — śruba, 6 — nakrętka, 7 — oś ramienia przekładni kierowniczej, 8 — kulki



Mechanizmy przekładni kierowniczych są umieszczane w obudowach częściowo napełnionych olejem przekładniowym.

Wał kierowniczy łączy ślimak lub śrubę przekładni kierowniczej z kołem kierownicy. Coraz powszechniejsze jest stosowanie wałów kierowniczych dzielonych, w których poszczególne, krótsze odcinki wału są ze sobą połączone przegubami. Zmniejsza to drgania koła kierowniczego oraz skutki uderzenia kierowcy o kierownicę w razie wypadku. Mechanizm kierowniczy z przegubowym wałem kierownicy przedstawia rys. 3.73.

Należy dodać, że w samochodach ciężarowych o średniej i dużej ładowności oraz w autobusach, a także w dużych luksusowych



Rys. 3.73
Mechanizm kierowniczy z przegubowym wałem kierownicy (Polski Fiat 126p) [11]

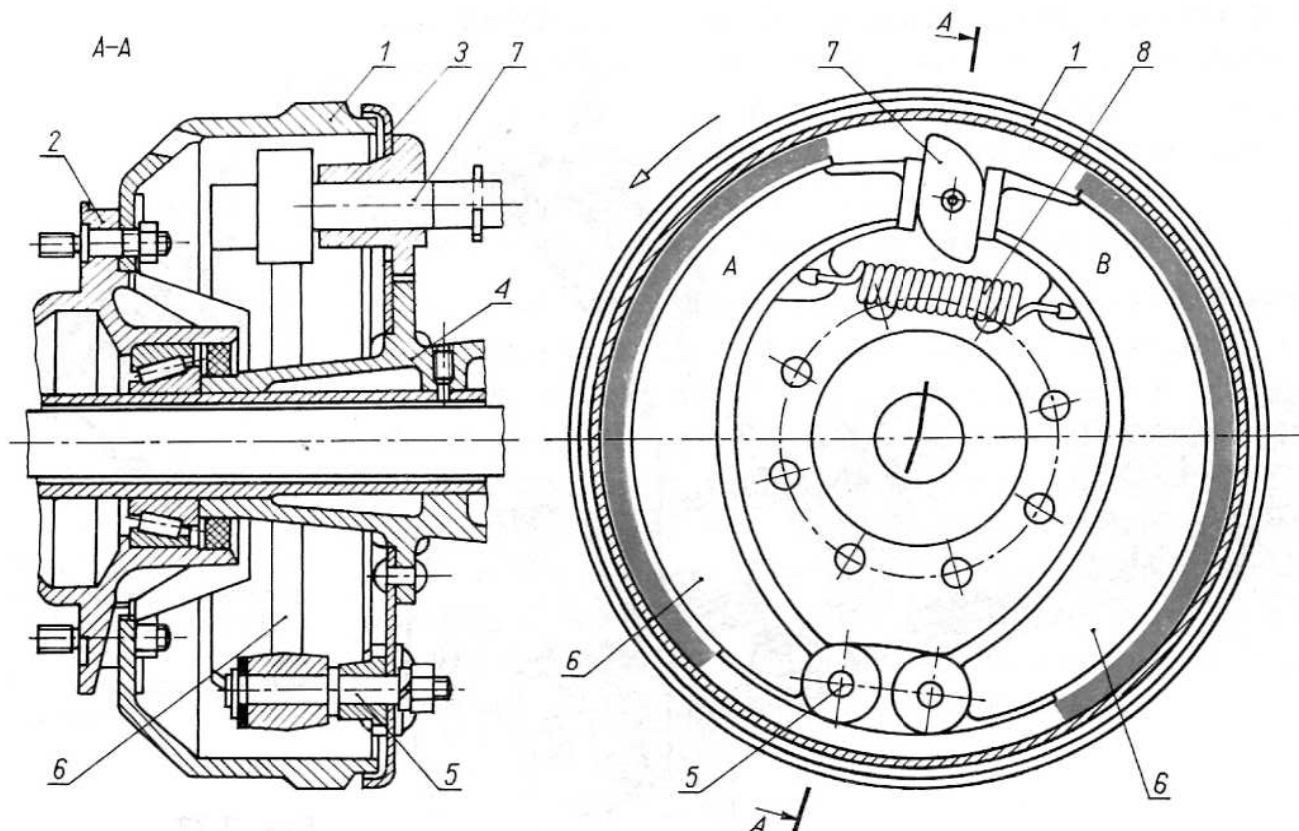
samochodach osobowych stosuje się *urządzenia wspomagające*, ułatwiające obracanie koła kierownicy. Są to z reguły urządzenia hydrauliczne, działające na mechanizm zwrotniczy lub mechanizm kierowniczy.

3.4.5

Hamulce szczękowo-bębnowe

Hamowanie pojazdu polega na przyłożeniu do kół jezdnych momentu hamowania, zmniejszającego prędkość obrotową kół. W hamulcach szczękowo-bębnowych moment hamowania powstaje wskutek tarcia między wewnętrzną powierzchnią obracającego się wraz z kołem bębna hamulcowego a umieszczonymi wewnątrz bębna i zabezpieczonymi przed obrotem szczękami hamulcowymi.

Podstawowe części składowe hamulca szczękowo-bębnowego przedstawia rys. 3.74. Bęben hamulca 1 wiruje wraz z piastą koła 2, do której jest przymocowany. Wewnątrz bębna są umieszczone szczęki hamulcowe 6, osadzone na sworzniach 5, które są umocowane do nieruchomej tarczy hamulcowej 3. Między luźnymi końcami szczęk hamulcowych jest umieszczony rozpieracz 7, obracany o pewien kąt w wyniku naciśnięcia na pedał



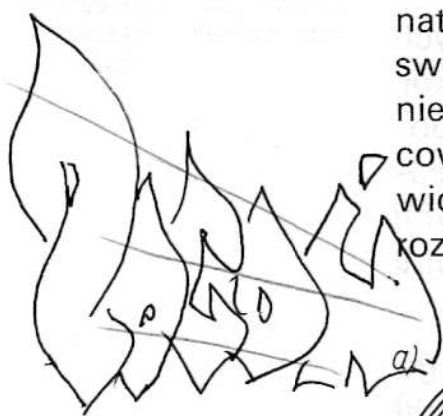
Rys. 3.74

Hamulec szczękowo-bębnowy samochodu ciężarowego [11]

1 — bęben hamulca, 2 — piasta koła, 3 — tarcza hamulcowa, 4 — pochwa mostu napędowego, 5 — sworznie szczęki, 6 — szczęki hamulcowe, 7 — rozpieracz, 8 — sprężyna odciągająca szczęki

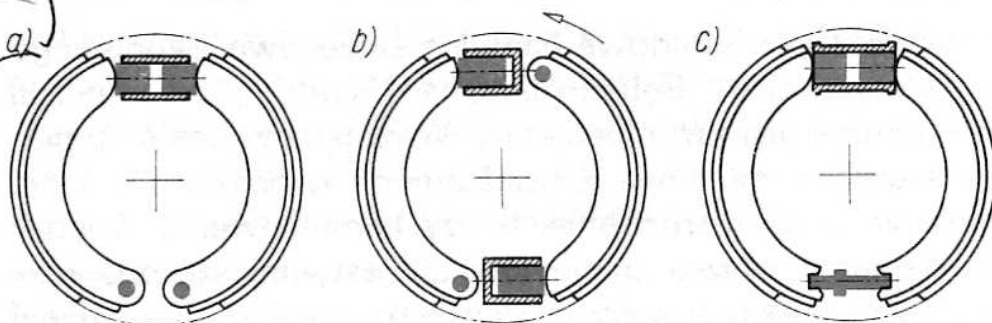
hamulca. Obrócenie rozpieracza powoduje dociśnięcie szczęk hamulcowych do wewnętrznej powierzchni bębna hamulcowego i wywołanie sił tarcia, czyli uzyskanie momentu hamowania. Po zwolnieniu nacisku na pedał hamulca rozpieracz przestaje naciskać na szczęki hamulcowe, które sprężyna 8 odciąga od bębna.

Taki układ szczęk hamulcowych nie jest korzystny ze względu na niejednakowe siły dociskania obu szczęk do bębna. Wynika to z faktu, że jedna ze szczęk, współbieżna A, obraca się wokół swego sworznia w tym samym kierunku co bęben hamulcowy; natomiast druga szczeka, przeciwbieżna B, odchyła się wokół sworznia w kierunku przeciwnym niż obraca się bęben. To niekorzystne zjawisko nie występuje w układach szczęk hamulcowych przedstawionych na rys. 3.75b i c. W rozwiązaniach widocznych na rys. 3.75 rozpieracze mechaniczne zastąpiono rozpieraczami hydraulicznymi. Rysunek ten przedstawia układy:



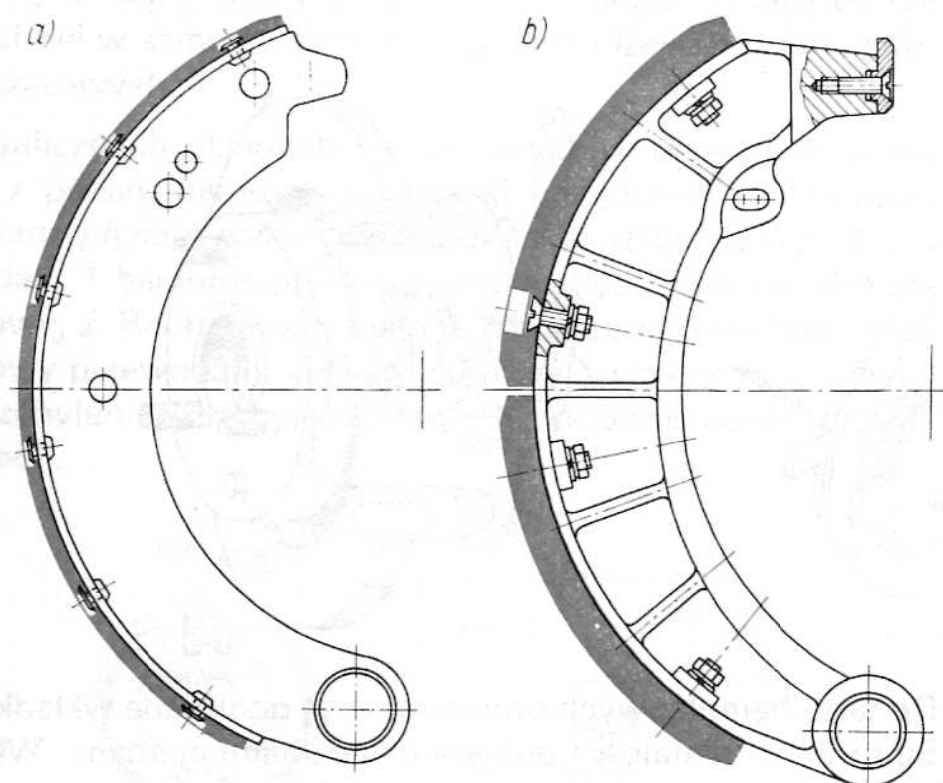
Rys. 3.75

Układy szczęk hamulcowych: a) simplex, b) duplex, c) samowzmacniający [11]



- *Simplex*, podobny do omówionego wyżej, o niejednakowych naciskach szczęk.
- *Duplex*, w którym na każdą ze szczęk działa osobny rozpieracz. Obydwie szczęki są współbieżne, dzięki czemu naciski, jakie wywierają one na bęben, są jednakowe.
- *Samowzmacniający*, w którym dolne końce szczęk są sprzężone przegubowo łącznikiem nie związanym z tarczą hamulcową (tzw. szczęki pływające). Sprawia to, że podczas hamowania szczęka współbieżna jest pociągana przez obracający się bęben i za pośrednictwem łącznika dodatkowo dociska szczękę przeciwbieżną. Dzięki temu naciski obu szczęk są niemal jednakowe.

Bębny hamulcowe wykonuje się zazwyczaj jako odlewy żeliwne. Stosuje się bębny o możliwie dużych średnicach, moment hamowania jest bowiem proporcjonalny do średnicy bębna. Zewnętrzne, obwodowe powierzchnie bębnow hamulcowych są niekiedy uźebrowane w celu zwiększenia powierzchni odprowadzania ciepła wywiązującego się podczas tarcia szczęk o bęben. Żebra takie zwiększają także znacznie sztywność bębna, która stanowi nieodzowny warunek poprawnej współpracy ze szczękami.



Rys. 3.76
Szczęki hamulcowe:
a) spawana z blachy,
b) odlewana [11]

Szczęki hamulcowe (rys. 3.76) są spawane z elementów tłoczonych z blachy lub — w większych samochodach — odlewane. Szczęki hamulcowe muszą być odpowiednio sztywne, trudno odkształcalne. Ich zewnętrzne powierzchnie są pokryte okładzinami ciernymi, wykonanymi z podobnych materiałów jak okła-

dziny tarcz sprzęgłowych. Okładziny są mocowane do szczęk za pomocą nitów, albo — coraz częściej — klejone.

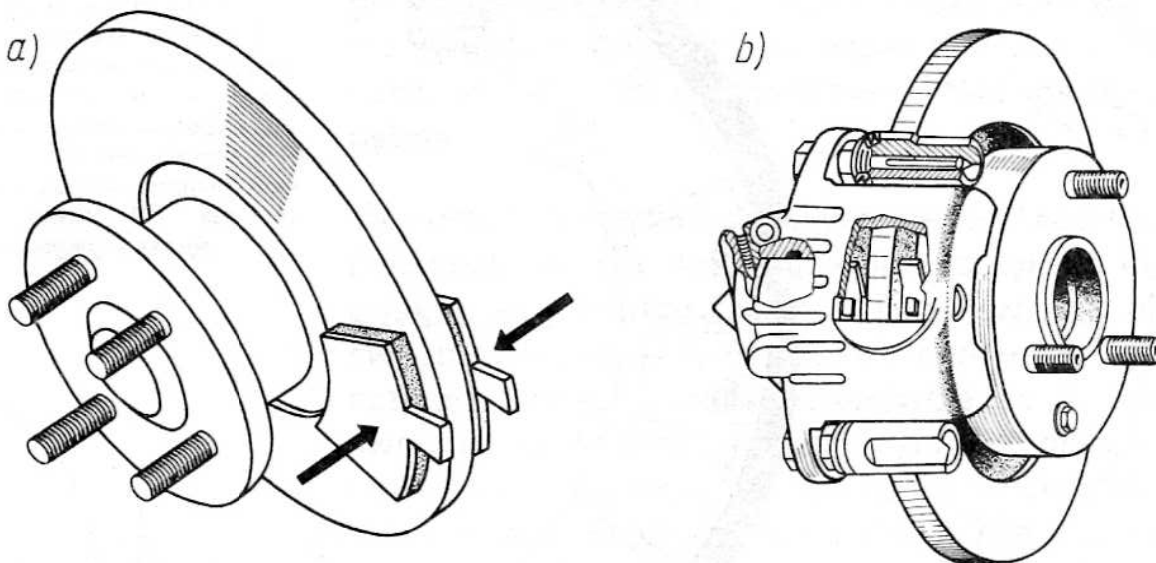
Stopniowe zużywanie się okładzin ciernych sprawia, że zwiększa się luz między szczękami i bębnem, a tym samym zwiększa się niezbędny skok pedału hamulca. Dlatego stosuje się specjalne urządzenia umożliwiające regulację luzów hamulcowych. Działanie takich urządzeń polega zazwyczaj na stopniowym ograniczaniu możliwości powrotu szczęk hamulcowych ku środkowi koła. W nowoczesnych samochodach zazwyczaj stosuje się urządzenia do samoczynnej regulacji luzów między szczękami a bębnem.

3.4.6

Hamulce tarczowe

W hamulcach tarczowych siła tarcia powstaje w wyniku dociskania płaskich wkładek ciernych do płaskich powierzchni tarczy hamulcowej wirującej wraz z piastą koła (rys. 3.77).

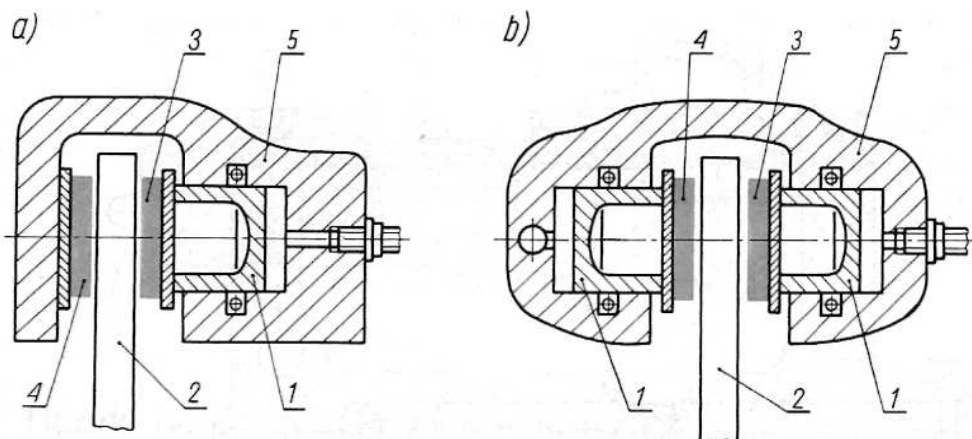
Tarcze hamulcowe wykonuje się jako odlewy żeliwne. Obie płaszczyzny cierne tarczy są szlifowane. Grubość tarcz hamulcowych wynosi zwykle $12 \div 20$ mm.



Rys. 3.77
Hamulec tarczowy: a) zasada działania, b) widok zewnętrzny

Do tarcz hamulcowych obustronnie są dociskane wkładki ciernie. Są to płytki metalowe pokryte okładzinami ciernymi. Wkładki te są umieszczone w korpusie zacisku obejmującego tarczę. Stosuje się dwa systemy dociskania wkładek ciernych do tarczy hamulcowej (rys. 3.78):

- *System z jednym rozpieraczem 1* (rys. 3.78a). W tym przypadku hydrauliczne dociskanie wkładki cierniej 3 do tarczy 2 z jednej strony powoduje przesunięcie korpusu 5 zacisku względem tarczy i dociśnięcie do niej z drugiej strony wkładki cierniej 4.



Rys. 3.78

Podstawowe systemy hamulców tarczowych: a) z jednym rozpieraczem, b) z dwoma rozpieraczami [11]

1 — rozpieracz, 2 — tarcza hamulcowa, 3, 4 — wkładki ciernie, 5 — korpus zacisku

● **System z dwoma rozpieraczami** (rys. 3.78b). W tym przypadku dwa rozpieracze hydrauliczne 1, umieszczone naprzeciw siebie po obydwu stronach tarczy 2, dociskają jednocześnie z dwóch stron wkładki ciernie 3 i 4. W takim układzie korpus 5 zacisku pozostaje nieruchomy.

3.4.7

Hydrauliczne układy uruchamiania hamulców

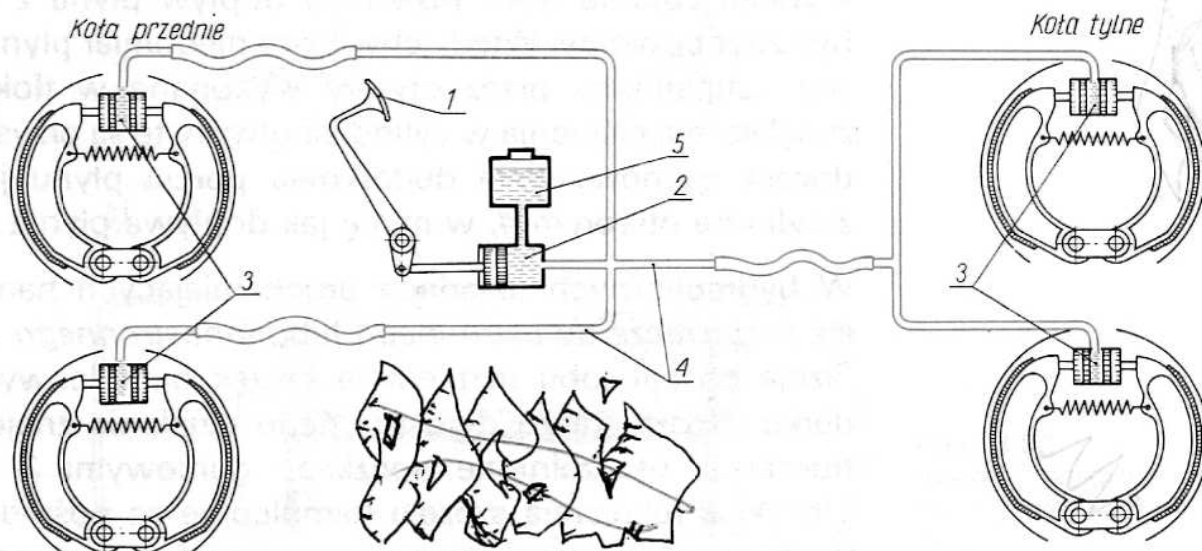
Hydrauliczne rozpieranie szczęk hamulcowych lub hydrauliczne dociskanie wkładek ciernych do tarcz hamulcowych stosuje się powszechnie w samochodach osobowych i lżejszych samochodach ciężarowych.

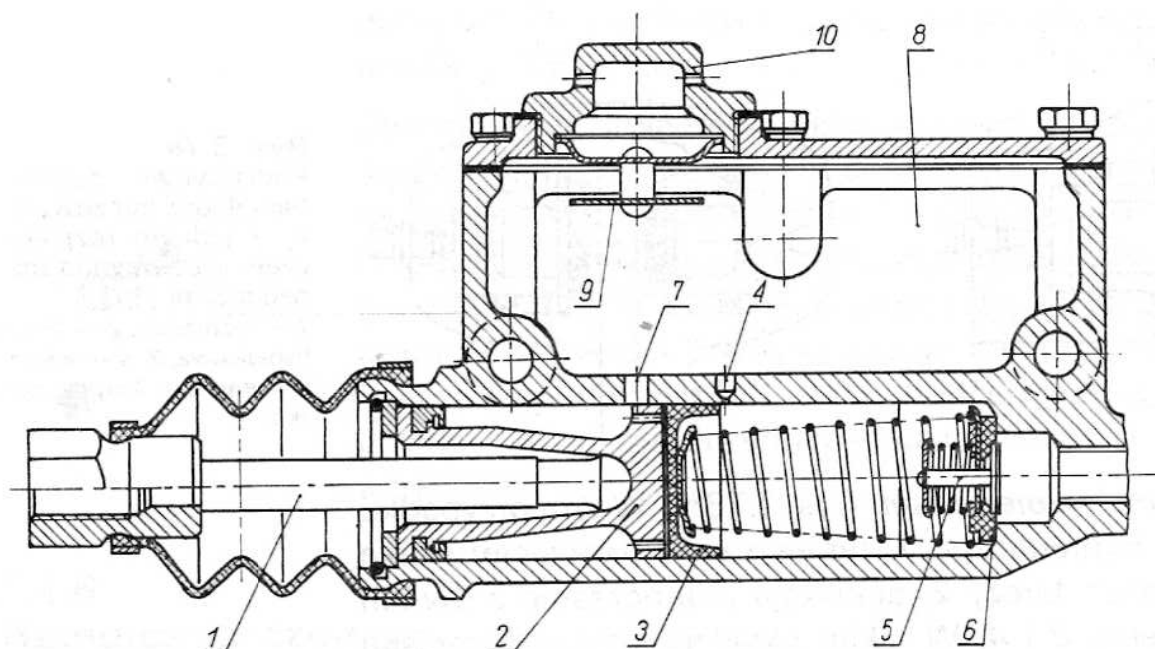
W hydraulicznych układach hamulcowych w przenoszeniu siły nacisku z pedału hamulca na szczęki hamulcowe pośredniczy ciecz zwana *plynem hamulcowym*. W takim układzie (rys. 3.79) ruch pedału 1 hamulca powoduje przesunięcie tłoka w pompie hamulcowej 2. Ruch tłoka w pompie hamulcowej przetłacza płyn hamulcowy przewodami 4 do cylinderek rozpieraczy 3, powodując rozchylenie szczęk hamulcowych jednocześnie we wszystkich kołach.

Rys. 3.79

Schemat hydraulicznego układu uruchamiającego hamulce [11]

1 — pedał hamulca, 2 — pompa główna, 3 — rozpieracze, 4 — przewody, 5 — zbiornik płynu hamulcowego





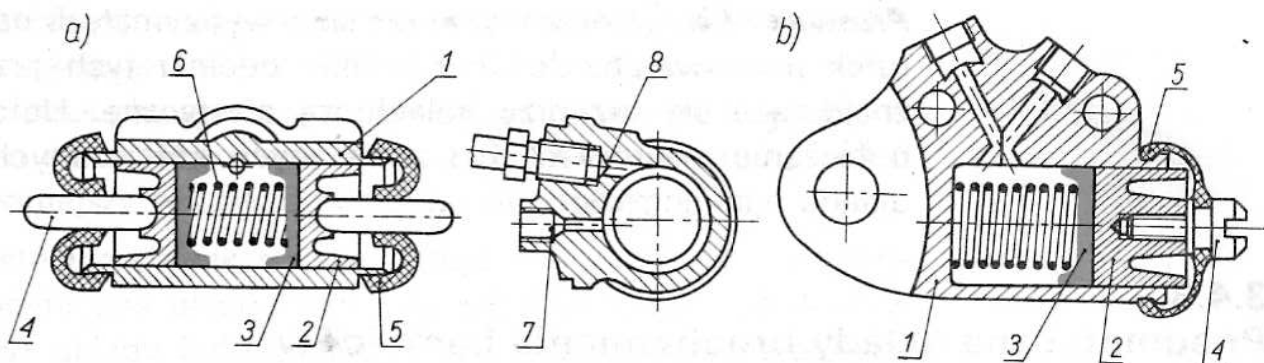
Rys. 3.80

Pompa hamulcowa [11]

1 — tłoczek, 2 — tłok pompy głównej, 3 — tłoczek uszczelniający, 4 — otwór kompensacyjny, 5 — zawór przepustowy, 6 — zawór powrotny, 7 — otwór, 8 — zbiornik płynu hamulcowego, 9 — zawór łączący z atmosferą, 10 — korek wlewowy

Typową pojedynczą *pompę hamulcową* przedstawia rys. 3.80. W cylindrze pompy znajduje się tłok 2 połączony tłoczyskiem 1 z pedałem hamulca. Cylinder oraz znajdujący się nad nim zbiorniczek 8 są napełnione płynem hamulcowym. Naciśnięcie pedału powoduje przesunięcie tłoka 2 i zasłonięcie otworu 4 gumowym tłoczkiem uszczelniającym 3. Wzrastające ciśnienie płynu w zamkniętym teraz cylindrze powoduje otwarcie zaworu przepustowego 5 i przepływ płynu do rozpieraczy szczęk hamulcowych. Po zwolnieniu pedału hamulca płyn — dzięki ściąganiu szczęk ku sobie przez sprężynę — powraca do pompy przez zawór powrotny 6, cofając tłok. Tłok odsłania otwór 4, co sprawia, że w cylindrze ciśnienie maleje do ciśnienia atmosferycznego. Dzięki działaniu zaworu powrotnego 6 w przewodach hamulcowych jest utrzymane niewielkie nadciśnienie, zabezpieczające układ przed przedostaniem się do jego wnętrza powietrza w razie wystąpienia nieszczelności. Przestrzeń za tłokiem jest cały czas połączona otworem 7 ze zbiornikiem 8. Przy szybkim cofaniu tłoka powrotny dopływ płynu z układu może być zbyt powolny. Wtedy chwilowy niedomiar płynu w cylindrze jest uzupełniany przez otwory wykonane w tłoku. W chwili zwiększenia ciśnienia w cylindrze otwory te są przysłanianie przez tłoczek gumowy 3, a dodatkowa porcja płynu jest usuwana z cylindra otworem 4, w miarę jak dopływa płyn z układu.

W hydraulicznych układach uruchamiających hamulce stosuje się *rozpieracze dwustronnego lub jednostronnego działania*, zależnie od sposobu rozpierania szczęk hamulcowych. W cylindrze 1 rozpieracza dwustronnego działania znajdują się dwa tłoczki 2, uszczelnione tłoczkami gumowymi 3 (rys. 3.81a). Tłoczki 2 rozpierają szczęki hamulcowe za pośrednictwem popychaczy 4, zabezpieczonych przed zanieczyszczeniami osłona-



Rys. 3.81

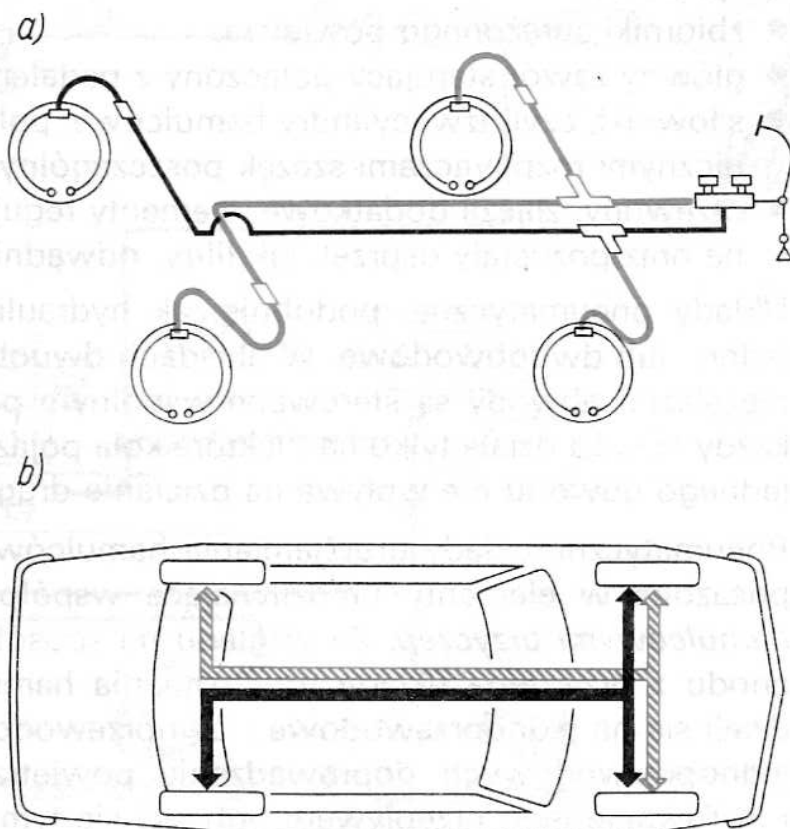
Schematy hydraulicznych rozpieraczy szczęk: a) dwustronnego działania, b) jednostronnego działania [11]

1 — cylinderek, 2 — tłoczek, 3 — tłoczki gumowe, 4 — popychacze, 5 — osłony, 6 — sprężyna, 7 — otwór dopływowy, 8 — odpowietrznik

mi 5. Tłoczki dodatkowo rozpira sprężyna 6. Płyn hamulcowy jest doprowadzany do cylindra otworem dopływowym 7. Końcówka odpowietrzająca 8 służy do usuwania powietrza z cylindera podczas napełniania układu płynem.

Rozpieracz jednostronnego działania zawiera podobne elementy, lecz jego cylinderek nie jest przelotowy (rys. 3.81b). Podobnie są skonstruowane zestawy tłoczek–cylinderek w układach uruchamiających hamulce tarczowe.

W nowoczesnych samochodach coraz częściej stosuje się dwu-obwodowe układy uruchamiające hamulce. Wówczas jest stosowana pompa hamulcowa dwusekcyjna, w której tłoczki hamulcowe obu sekcji są uruchamiane jednocześnie pod wpływem nacisku na pedał hamulca. Każda z sekcji pompy uruchamia hamulce tylko niektórych kół pojazdu (rys. 3.82a, b). Rozwiązanie takie zapewnia dostateczną skuteczność hamowania w przypadku niesprawności jednego obwodu układu hamulcowego.



Rys. 3.82

Rodzaje połączeń hamulców w dwuobwodowych układach hamulcowych [11]

Przewody hamulcowe wykonuje się z wytrzymałych na ciśnienie rurek metalowych. Jedynie krótkie odcinki tych przewodów, znajdujące się tuż przy kołach, są elastyczne. Umożliwia to połączenie resorowanych i zwracanych kół jezdnych z resztą układu hamulcowego.

3.4.8

Pneumatyczne układy uruchamiania hamulców

Układy pneumatyczne stosuje się w samochodach ciężarowych dużej ładowności i w autobusach. Pojazdy takie wymagają znacznych sił hamowania, których nie są w stanie zapewnić hydrauliczne mechanizmy uruchamiające.

W układach pneumatycznych kierowca naciskając pedał hamulca nie powoduje bezpośrednio uruchomienia szczęk hamulcowych, lecz steruje zaworem, który z kolei steruje dopływem sprężonego powietrza do siłowników, umieszczonych przy kołach. Dopiero zasilany sprężonym powietrzem siłownik rozsuwa szczęki hamulcowe. Dzięki temu podczas naciskania pedału hamulca kierowca musi pokonać jedynie sztywność sprężyny w zaworze sterującym, natomiast siła na rozpieraczach zależy od ciśnienia powietrza w układzie oraz wymiarów siłowników. Możliwe jest więc uzyskanie znacznych sił hamowania przy niewielkim wysiłku kierowcy.

Zasadniczymi elementami pneumatycznego układu uruchamiającego hamulce są:

- sprężarka;
- zbiorniki sprężonego powietrza;
- główny zawór sterujący połączony z pedałem hamulca;
- siłowniki, czyli tzw. cylindry hamulcowe, połączone z mechanicznymi rozpieraczami szczęk poszczególnych kół;
- przewody, złącza dodatkowe, elementy regulacyjne i kontrolne oraz pozostały osprzęt, jak filtry, odwadniacze itp.

Układy pneumatyczne, podobnie jak hydrauliczne, mogą być jedno- lub dwuobwodowe. W układach dwuobwodowych dwa niezależne obwody są sterowane wspólnym pedałem hamulca; każdy obwód działa tylko na niektóre koła pojazdu i uszkodzenie jednego obwodu nie wpływa na działanie drugiego.

Pneumatyczne układy uruchamiania hamulców z reguły są wyposażone w elementy umożliwiające współpracę z *układami hamulcowymi przyczep*. Ze względu na sposób łączenia samochodu z przyczepą układy uruchamiania hamulców przyczepy dzieli się na jednoprzewodowe i dwuprzewodowe. W układach jednoprzewodowych doprowadzanie powietrza do przyczepy i sterowanie jego przepływem odbywa się tym samym przewo-

dem. W układach dwuprzewodowych jednym przewodem doprowadza się sprężone powietrze do zbiornika przyczepy, natomiast powietrze płynące drugim przewodem służy do uruchamiania zaworu sterującego hamulcami przyczepy. Ten drugi układ jest wygodniejszy w użyciu i częściej stosowany.

Niekiedy stosuje się także układy trójprzewodowe. Z samochodem mającym taki układ można łączyć przyczepy wyposażone zarówno w układy jednoprzewodowe, jak i dwuprzewodowe. Schemat podstawowego, jednoprzewodowego, jednoobwodowego, pneumatycznego układu hamulcowego przedstawia rys. 3.83. W skład takiego układu wchodzi następujące zespoły:

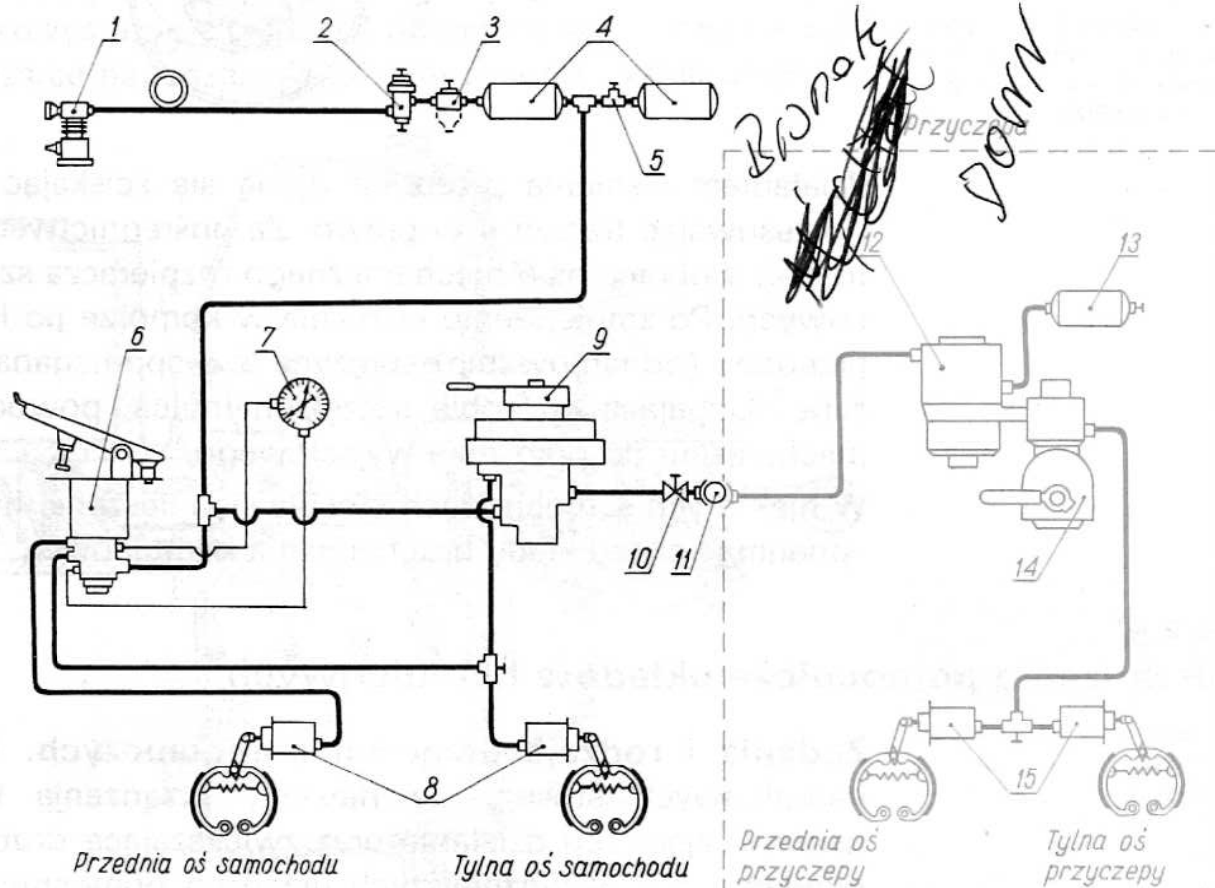
- W samochodzie: sprężarka 1, regulator ciśnienia 2 wyposażony w filtr powietrza, odmrażacz 3, dwa zbiorniki powietrza 4, zawór przepływowy 5, główny zawór sterujący 6 wraz z pedałem hamulca, manometr 7 do kontroli ciśnienia powietrza w instalacji, cylindry hamulcowe 8, zawór uruchamiający hamulce przyczepy 9, zawór odcinający 10 (zamykany w przypadku jazdy bez przyczepy), złącze 11 przewodów samochodu i przyczepy.
- W przyczepie: zawór 12 sterujący hamulcami przyczepy, zbiornik sprężonego powietrza 13, regulator siły hamowania 14 (nastawiany ręcznie stosownie do obciążenia przyczepy) oraz cylindry hamulcowe 15 przyczepy.

W pneumatycznych układach hamulcowych z reguły stosuje się *sprężarki tłokowe*, jedno- lub dwucylindrowe, chłodzone powie-

Rys. 3.83

Schemat jednoprzewodowego, pneumatycznego układu hamulcowego [11]

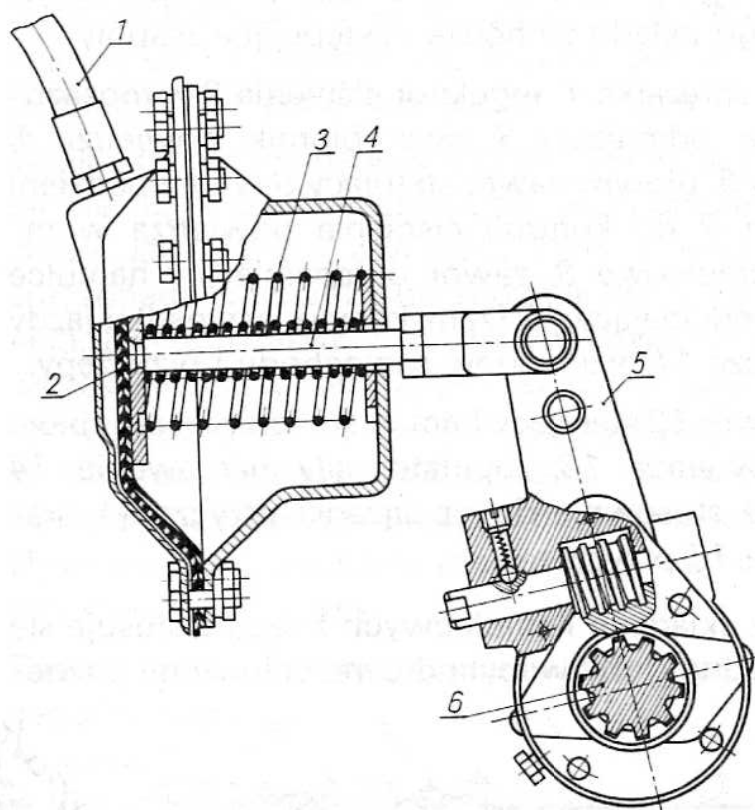
1 — sprężarka, 2 — regulator ciśnienia, 3 — odmrażacz, 4 — zbiorniki powietrza, 5 — zawór przepływowy, 6 — główny zawór sterujący, 7 — manometr, 8 — cylindry hamulcowe, 9 — zawór uruchamiający hamulce przyczepy, 10 — zawór odcinający, 11 — złącze przewodów samochodu i przyczepy, 12 — zawór sterujący hamulcami przyczepy, 13 — zbiornik sprężonego powietrza, 14 — regulator siły hamowania, 15 — cylindry hamulcowe przyczepy



trzem, napędzane przeważnie paskiem klinowym od wału korbowego silnika. Są one mocowane bezpośrednio do silnika.

Zbiorniki sprężonego powietrza są tłoczone z blachy stalowej, ich pojemność wynosi $10 \div 1000 \text{ dm}^3$. Czasem stosuje się kilka zbiorników.

Siłowniki (cylindry hamulcowe) mogą być tłokowe lub przeponowe. Siłownik przeponowy przedstawia rys. 3.84. Sprężone powietrze jest doprowadzane przewodem 1 (po naciśnięciu pedału hamulca) do komory po lewej stronie przepony 2. Pod



Rys. 3.84
Siłownik przeponowy
[17]

1 — przewód, 2 — przepona, 3 — sprężyna, 4 — trzpień, 5 — dźwignia, 6 — oś rozpieracza

działaniem ciśnienia przepona ugina się ściskając sprężynę 3 i przesuwając trzpień 4 w prawo. Za pośrednictwem dźwigni 5 trzpień 4 obraca oś 6 mechanicznego rozpieracza szczęk hamulcowych. Po zmniejszeniu ciśnienia w komorze po lewej stronie przepony (odhamowanie) sprężyna 3, wspomagana przez sprężynę ściąagającą ku sobie szczęki hamulca, powoduje powrót mechanizmu do położenia wyjściowego.

W niektórych samochodach stosuje się mieszane, hydrauliczno-pneumatyczne układy uruchamiania hamulców.

3.4.9

Urządzenia pomocnicze układów hamulcowych

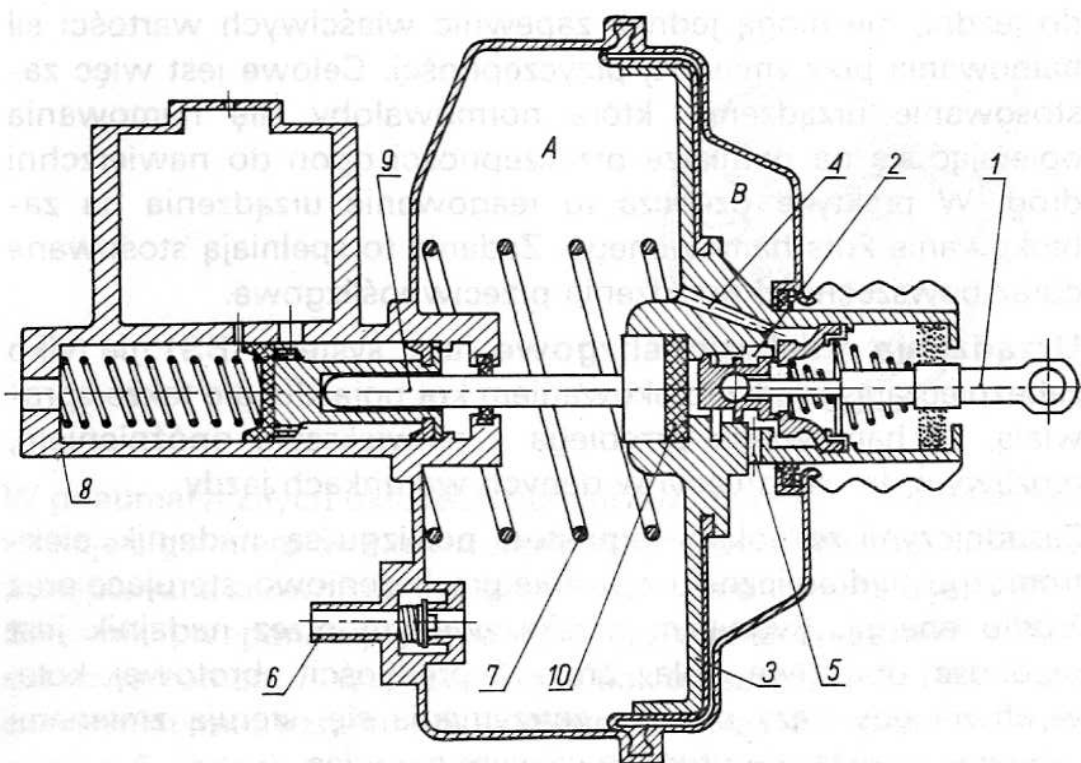
Zadania i rodzaje urządzeń pomocniczych. W układach hamulcowych stosuje się niekiedy urządzenia pomocnicze, usprawniające ich działanie oraz zwiększające skuteczność hamowania. Do najważniejszych urządzeń pomocniczych należą:

• urządzenia wspomagające, • korektory rozkładu sił hamowania i • urządzenia przeciwoślizgowe.

Urządzenia wspomagające są stosowane w hydraulicznych układach uruchamiania hamulców w celu zmniejszenia siły nacisku na pedał hamulca. Są to zazwyczaj urządzenia hydropneumatyczne, w których dla zwiększenia nacisku na tłok pompy hamulcowej wykorzystuje się zazwyczaj podciśnienie w przewodzie dolotowym silnika.

Podciśnieniowe urządzenie wspomagające przedstawia rys. 3.85. Wnętrze szczelnie zamkniętego korpusu jest podzielone na dwie komory A i B. Trzpień 1 połączony z pedałem hamulca naciska popychacz pompy hamulcowej za pośrednictwem zaworu 2. W komorze A, połączonej króćcem 6 z przewodem dolotowym silnika, panuje podciśnienie. Przy zwolnionym pedale hamulca takie samo podciśnienie panuje po drugiej stronie (komora B) tłoka 3, uszczelnionego przeponą gumową. Komory łączy wtedy ze sobą kanał 4. Po naciśnięciu pedału hamulca zawór 2 zamyka kanał 4, natomiast za pośrednictwem kanału 5 łączy komorę B z atmosferą. Różnica ciśnień po obu stronach tłoka 3 pokonuje opór sprężyny 7 i wspomaga nacisk na tłok pompy hamulcowej. Każdemu położeniu pedału hamulca odpowiada inne położenie tłoka 3, dzięki czemu kierowca może kontrolować urządzenie wspomagające.

Niekiedy w samochodach ciężarowych spotyka się *nadciśnieniowe* urządzenia wspomagające. W takich urządzeniach do wspomagania wykorzystuje się ciśnienie powietrza sprężanego w oddzielnej sprężarce napędzanej silnikiem pojazdu. Takie urządze-



Rys. 3.85

Schemat podciśnieniowego urządzenia wspomagającego (Polski Fiat 125p) [11]

1 — trzpień, 2 — zawór, 3 — tłok, 4, 5 — kanały, 6 — króciec, 7 — sprężyna, 8 — pompa hamulcowa, 9 — tłoczek, 10 — krążek gumowy

nia wymagają jednak stosowania sprężarki, zbiornika powietrza, regulatora ciśnienia i manometru. Są znacznie bardziej skomplikowane, a więc droższe. Ich zaletą jest działanie niezależnie od zmian obciążenia silnika.

Korektory rozkładu sił hamowania mają za zadanie zapewnienie właściwych proporcji między obciążeniami przedniej i tylnej osi pojazdu a uzyskiwanymi na tych osiach siłami hamowania. Zmienność obciążeń osi pojazdu może być wynikiem zmiany statycznego obciążenia samochodu (np. umieszczenie ładunku) lub odciążania kół tylnych, a dociążania przednich podczas hamowania. Zmiana obciążenia kół pojazdu w czasie hamowania zależy od intensywności hamowania (rys. 3.86).



Rys. 3.86

Poglądowe wyjaśnienie dociążenia kół przednich podczas hamowania [3]

Liczne rozwiązania konstrukcyjne korektorów można podzielić na trzy zasadnicze grupy.

- *Korektory sterowane ciśnieniem w przewodach hamulcowych.* Mogą one zapobiegać nadmiernemu wzrostowi ciśnienia w niektórych przewodach hamulcowych bądź w sposób ciągły zmieniać stosunek ciśnień w przewodach przedniej i tylnej osi.
- *Korektory sterowane opóźnieniem (bezwładnościowe).* Zmiana stosunku ciśnień w przewodach hamulcowych przedniej i tylnej osi następuje w sposób ciągły i jest sterowana intensywnością hamowania.
- *Korektory sterowane obciążeniem osi,* uwzględniające zmianę statycznych nacisków na osie pojazdu.

Korektory polepszają warunki wykorzystania przyczepności opon do jezdni, nie mogą jednak zapewnić właściwych wartości sił hamowania przy zmiennej przyczepności. Celowe jest więc zastosowanie urządzenia, które normowałoby siłę hamowania opierając się na pomiarze przyczepności opon do nawierzchni dróg. W praktyce oznacza to reagowanie urządzenia na zablokowanie koła hamowanego. Zadanie to spełniają stosowane coraz powszechniej urządzenia przeciwpoślizgowe.

Urządzenia przeciwpoślizgowe (tzw. system ABS) nie tylko zabezpieczają przed zablokowaniem kół pojazdu, ale także sprawiają, że hamowanie przebiega z największym opóźnieniem, możliwym do osiągnięcia w danych warunkach jazdy.

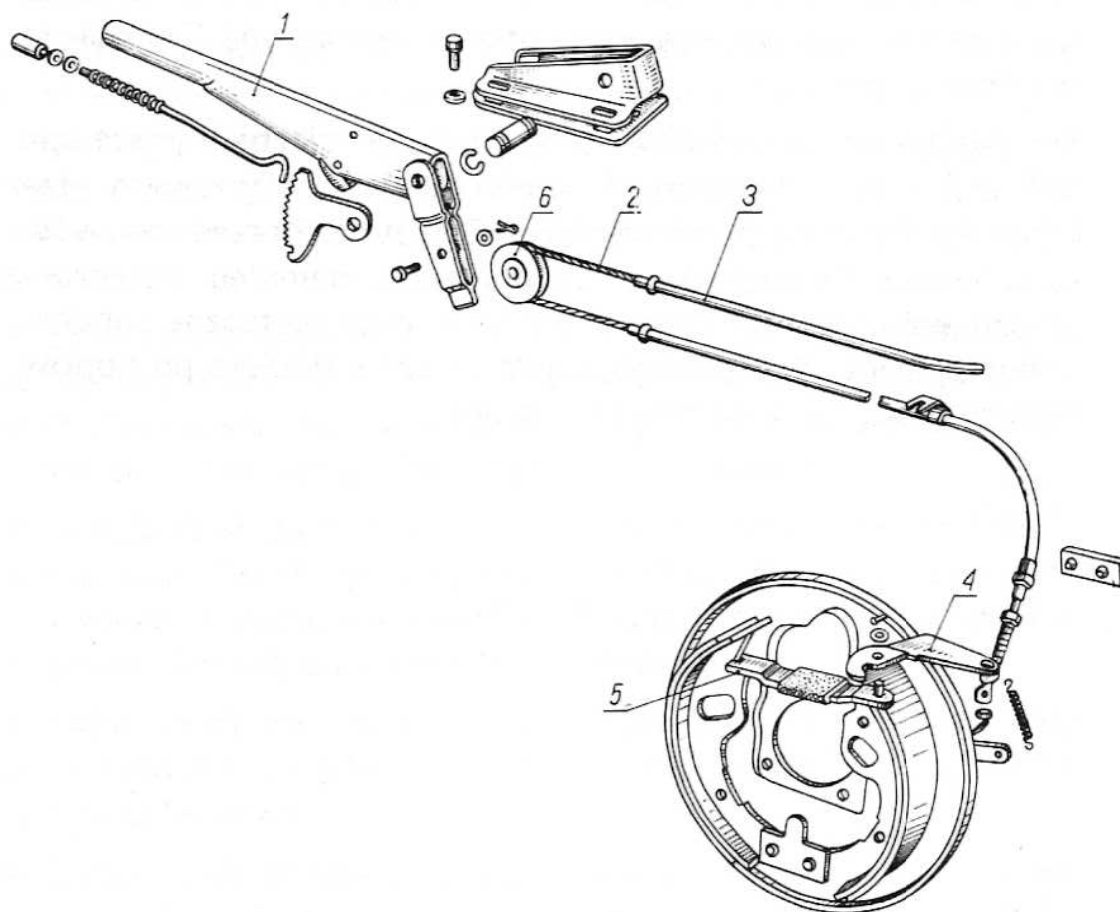
Zasadniczymi zespołami regulatora poślizgu są: nadajnik, elektryczno-hydrauliczne urządzenie przeliczeniowo-sterujące oraz źródło energii. Sygnałem przekazywanym przez nadajnik jest prędkość obrotowa koła. Zmiany prędkości obrotowej koła, w chwili gdy dąży ono do zatrzymania się, sterują zmianami ciśnienia w układzie uruchamiającym hamulce.

Hamulce pomocnicze i postojowe

Zgodnie z przepisami o ruchu drogowym pojazd samochodowy, oprócz hamulca zasadniczego, musi mieć hamulec pomocniczy i hamulec postojowy. Zadania hamulca postojowego może jednak spełniać hamulec pomocniczy.

W samochodach osobowych stosuje się hamulce pomocnicze uruchamiane mechanicznie — ręcznie przez kierowcę. Zazwyczaj hamulec taki działa na oba tylne koła samochodu.

Mechanizm typowego hamulca pomocniczego przedstawia rys. 3.87. Dźwignia hamulca ręcznego 1 jest połączona ciągnem 2 (chronionym pancerzem 3) z dźwignią 4, która przesuwając dźwignię rozpięrającą 5, rozsuwającą szczęki hamulca. Ciężko napina rolka 6, która wyrównuje siły przykładane do hamulców obu kół tylnych.



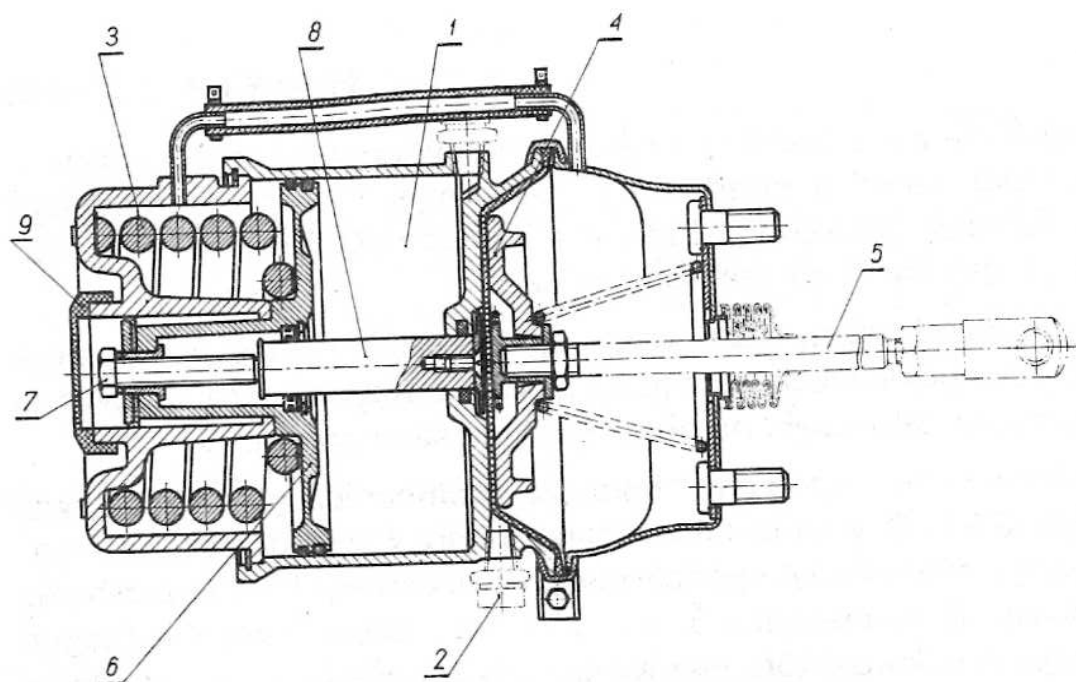
Rys. 3.87

Typowe rozwiązanie hamulca pomocniczego (Polski Fiat 126p) [8]

1 — dźwignia hamulca ręcznego, 2 — ciągnie, 3 — pancerz, 4 — dźwignia, 5 — dźwignia rozpięrająca szczęki hamulca, 6 — rolka

W pneumatycznych układach hamulcowych coraz powszechniej stosuje się system, w którym siłowniki przeponowe (rys. 3.84) są zastępowane siłownikami sprężynowo-przeponowymi (rys. 3.88). Siłownik przeponowy jest w tym przypadku sprzężony z dodatkową komorą 1, wyposażoną w tłok 6 i sprężynę 3. Tłok — za pośrednictwem trzpienia 8 — może naciskać przeponę 4 i tłoczysko 5, jednak nie ogranicza samodzielnych ruchów przepo-

Rys. 3.88
Siłownik przeponowo-sprężynowy
 1 — komora ciśnieniowa, 2 — główny przewód zasilający, 3 — sprężyna, 4 — przepona, 5 — tłoczysko, 6 — tłok siłownika sprężynowego, 7 — śruba regulacyjna, 8 — trzpień, 9 — osłona



ny podczas hamowania. Gdy w układzie hamulcowym panuje właściwe ciśnienie robocze i koła nie są zahamowane, w komorze 1 panuje nadciśnienie, które utrzymuje sprężynę 3 w położeniu ściśniętym.

Do uruchomienia siłownika sprężynowego niezbędny jest spadek ciśnienia w komorze 1, spowodowany włączeniem przez kierowcę hamulca pomocniczego. Sprężyna 3 przesuwa wówczas trzpień 8 i tłoczysko 5, uruchamiając hamulec. Połączenie przestrzeni komory 1 z atmosferą powoduje skuteczne zahamowanie pojazdu. Odhamowanie jest możliwe dopiero po ponownym zwiększeniu ciśnienia w komorze.

4.1

Zadania i rodzaje nadwozi

Nadwozie stanowi część pojazdu, w której znajduje się miejsce kierowcy oraz która — zależnie od przeznaczenia — służy do przewozu pasażerów, ładunku lub wykonywania innych zadań.

Zadaniem nadwozia jest zapewnienie jak największej wygody i bezpieczeństwa jazdy kierowcy i pasażerom oraz właściwych warunków przewozu ładunku. Nadwozie samonośne stanowi zarazem podstawowy element nośny samochodu.

Nadwozie samochodu musi być wytrzymałe, lekkie, łatwe do wykonania i estetyczne.

W skład nadwozia wchodzi: *przedział osobowy* — będący pomieszczeniem dla kierowcy i pasażerów, *przedział silnika* — mieszczący silnik wraz osprzętem, oddzielony od przedziału osobowego, oraz *przedział ładunkowy* — przeznaczony do przewozu bagażu podręcznego (bagażnik) lub do przewozu ładunków.

- *Samochody osobowe* służą do przewozu kilku osób. Nadwozia samochodów osobowych mają stosunkowo duży przedział pasażerski. Przedział ładunkowy jest tu niewielki, przeznaczony do przewozu podręcznego bagażu pasażerów.
- *Autobusy* służą do przewozu od kilkunastu do kilkudziesięciu pasażerów. Dominującą częścią autobusu jest więc przedział pasażerski, natomiast miejsce na bagaż pasażerów jest zwykle wygospodarowane pod podłogą autobusu.
- *Samochody ciężarowe* służą do przewozu ładunków; mają więc niewielki przedział dla obsługi oraz bardzo rozbudowany przedział ładunkowy.
- *Samochody specjalne* mają przedział dla obsługi, natomiast przedział ładunkowy jest w nich zastąpiony urządzeniami specjalnymi, zgodnie z przeznaczeniem pojazdu.



4.2

Nadwozia samochodów osobowych

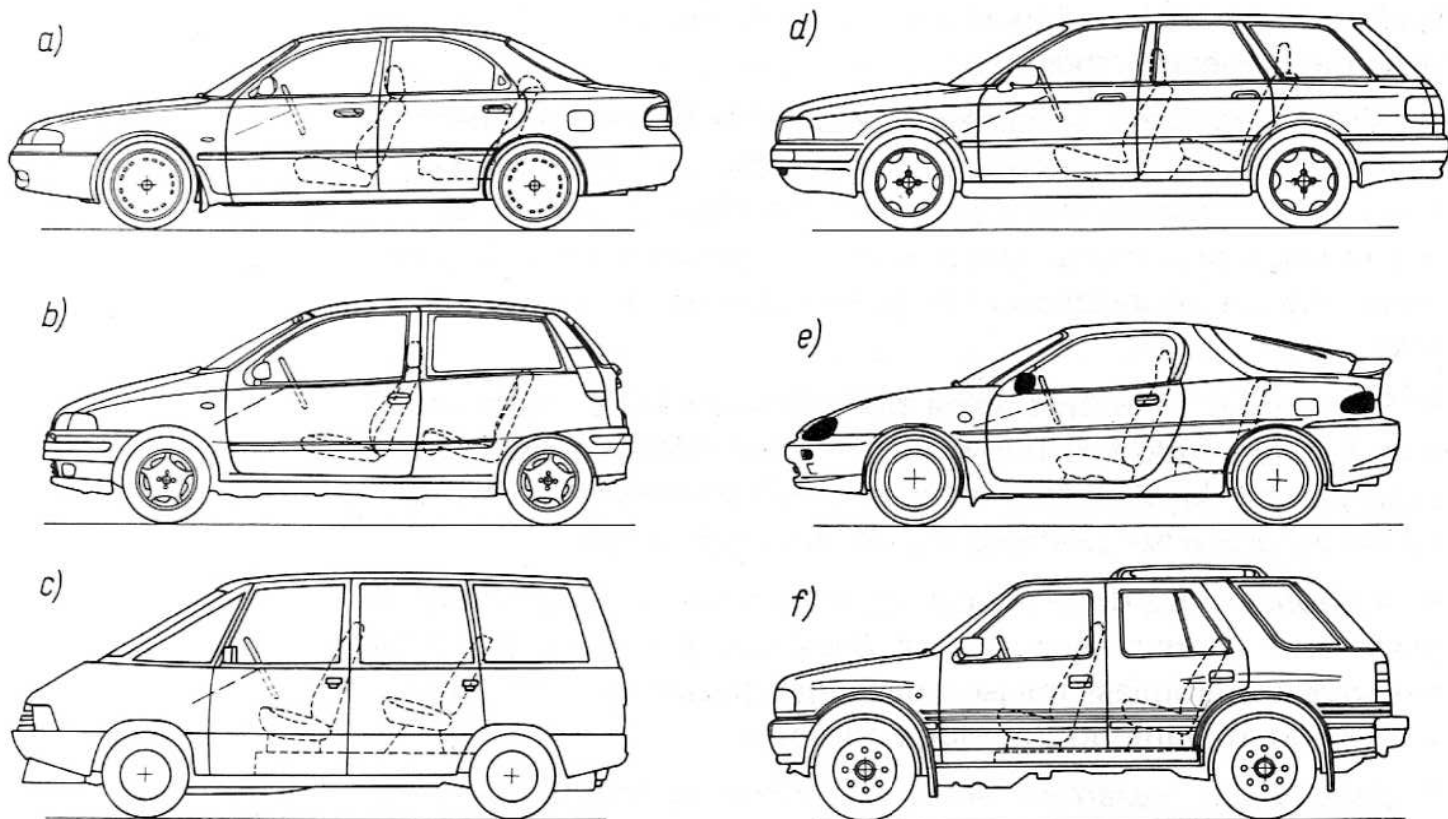
W skład nadwozia samochodu osobowego wchodzi: elementy blaszane (szkielet, drzwi, błotniki, pokrywy) oraz wyposażenie wewnętrzne i zewnętrzne.

Wśród nadwozi samochodów osobowych rozróżniamy następujące rodzaje (rys. 4.1):

- *Limuzynę* — duże czterodrzwiowe nadwozie o liczbie miejsc pasażerskich $6 \div 8$, luksusowo wyposażone.

- *Karetę* (sedan) — czyli najpowszechniej spotykane nadwozie samochodu przeznaczonego do przewozu 5 osób, dwu- lub czterodrzwiowe, o przeciętnym standardzie wyposażenia. Wśród tego rodzaju nadwozi można wyodrębnić trzy zasadnicze odmiany określane jako trój-, dwu- oraz jednobryłowe.

— *Nadwozie trójbryłowe*, tradycyjne, o przedziale silnika wysuniętym przed przedział pasażerski oraz bryle bagażnika wysuniętej do tyłu (rys. 4.1a). Bagażnik jest w tym przypadku całkowicie oddzielony od przestrzeni pasażerskiej.



Rys. 4.1

Niektóre odmiany nadwozi samochodów osobowych: a) nadwozie trójbryłowe, b) nadwozie dwubryłowe, c) nadwozie jednobryłowe, d) kombi, e) coupé, f) terenowe

— *Nadwozie dwubryłowe*, nieco mniejsze niż trójbryłowe, z bagażnikiem objętym bryłą przedziału pasażerskiego (rys. 4.1b). Nadwozia takie mają z reguły dużą pokrywę tylną z oknem, która umożliwia łatwy dostęp do bagażnika, zwykle oddzielnego od pasażerów.

— *Nadwozie jednobryłowe*, ostatnio coraz popularniejsze, w którym zarówno przedział silnika, jak i bagażnik są objęte bryłą przedziału pasażerskiego (rys. 4.1c). Są to nadwozia o przestronnym wnętrzu, wygodne i pojemne, stosowane w samochodach często nazywanych pojazdami rodzinnymi.

- *Kombi* — nadwozie pochodne od karety z przestrzenią na bagaż połączoną z przedziałem pasażerskim. W takich nadwoziach z reguły stosuje się dodatkowe drzwi z tyłu pojazdu (rys. 4.1d).

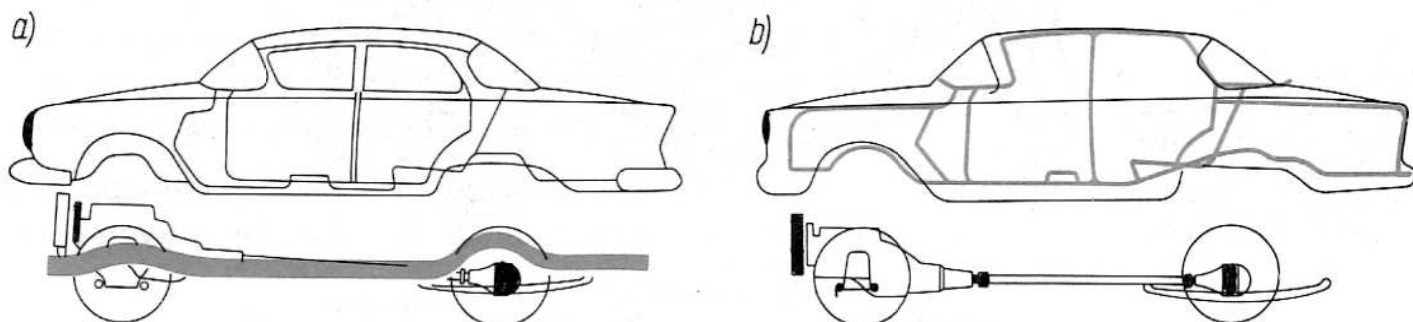
- *Coupé* — nadwozie o charakterze sportowym, dwudrzwiowe, dwu- lub czteromiejscowe, o znacznie ograniczonej przestrzeni na bagaż (rys. 4.1e).

- *Kabriolet* — nadwozie pochodne od karety z całkowicie składanym dachem.

- *Roadster* — nadwozie sportowe, dwudrzwiowe, dwumiejscowe, ze składanym dachem; niekiedy stosuje się dach sztywny, zakładany lub zdejmowany w całości w zależności od potrzeby.

- *Terenowe*, dostosowane do mechanizmów samochodu terenowego, lecz o wyposażeniu i komforcie jazdy samochodu osobowego (rys. 4.1f).

Układ konstrukcyjny nadwozia zależy przede wszystkim od rozmieszczenia w samochodzie silnika i mechanizmów napędowych. Konstrukcja nadwozia zależy od założonego udziału nad-



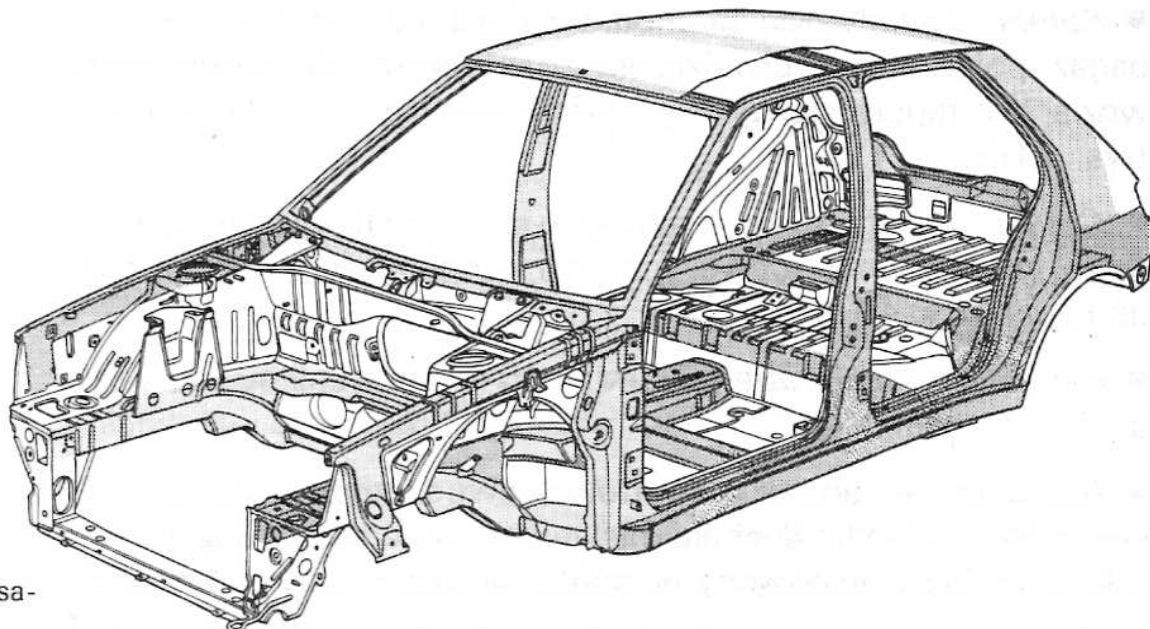
wozia w przenoszeniu obciążeń działających na zespoły podwozia. Pod tym względem rozróżniamy nadwozia nieniosące i nadwozia samonośne (rys. 4.2).

- *Nadwozia nieniosące* są osadzone na ramie, która przenosi wszystkie obciążenia pochodzące od zespołów podwozia. Takie nadwozie może więc być delikatniejsze, mniej sztywne niż nadwozie samonośne. Wadą takiego układu — zwłaszcza w lekkich samochodach osobowych — jest konieczność stosowania ciężkiej ramy. Toteż nadwozia nieniosące na ogół nie są stosowane w małych samochodach osobowych.

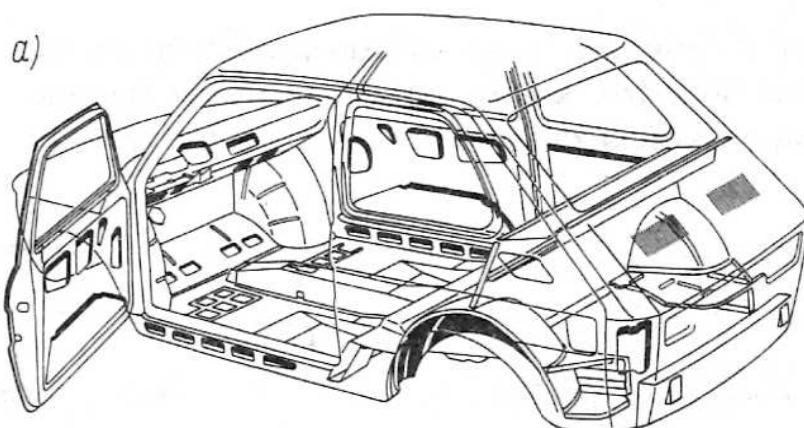
- *Nadwozia samonośne*, przenoszące wszystkie obciążenia od zespołów podwozia, muszą być sztywne, wytrzymałe, ukształtowane w sposób umożliwiający połączenie z nimi wszystkich mechanizmów podwozia i silnika. Są one wykonywane jako szkieletowe lub skorupowe.

Rys. 4.2
Zasadnicze rodzaje konstrukcji nadwozi:
a) nadwozie nieniosące, b) samonośne [16]

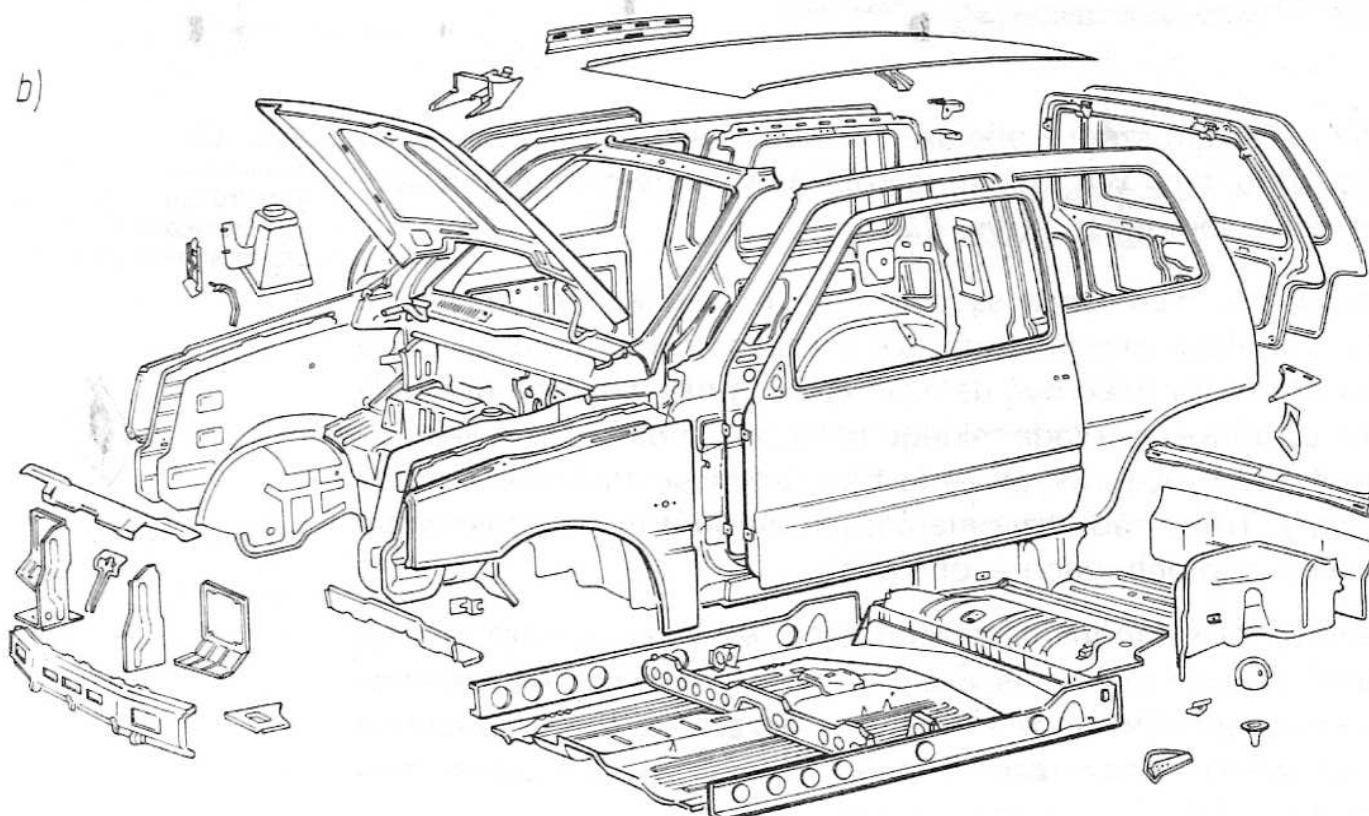




Rys. 4.3
Szkielet nadwozia sa-
monośnego [18]



Rys. 4.4
Samonośne nadwozie
skorupowe: a) nadwo-
zie kompletne bez wy-
posażenia, b) zasadni-
cze części składowe



W nadwoziach *szkieletowych* część nośna stanowi sztywny szkielet (rys. 4.3), pokryty tłoczonymi z blachy płytami zewnętrznymi, do których zaliczamy: dach, błotniki, pokrywy, ściany przednią i tylną itp. Wiele z tych elementów jest przykręcanych do szkieletu.

W nadwoziach *skorupowych* (rys. 4.4) konstrukcję nośną stanowią odpowiednio ukształtowane blachy. Mniejszy ciężar takich nadwozi jest okupiony bardziej skomplikowaną technologią. Poszczególne elementy są kształtowane w sposób zapewniający im dużą sztywność, a następnie łączone za pomocą zgrzewania (niekiedy spawania).

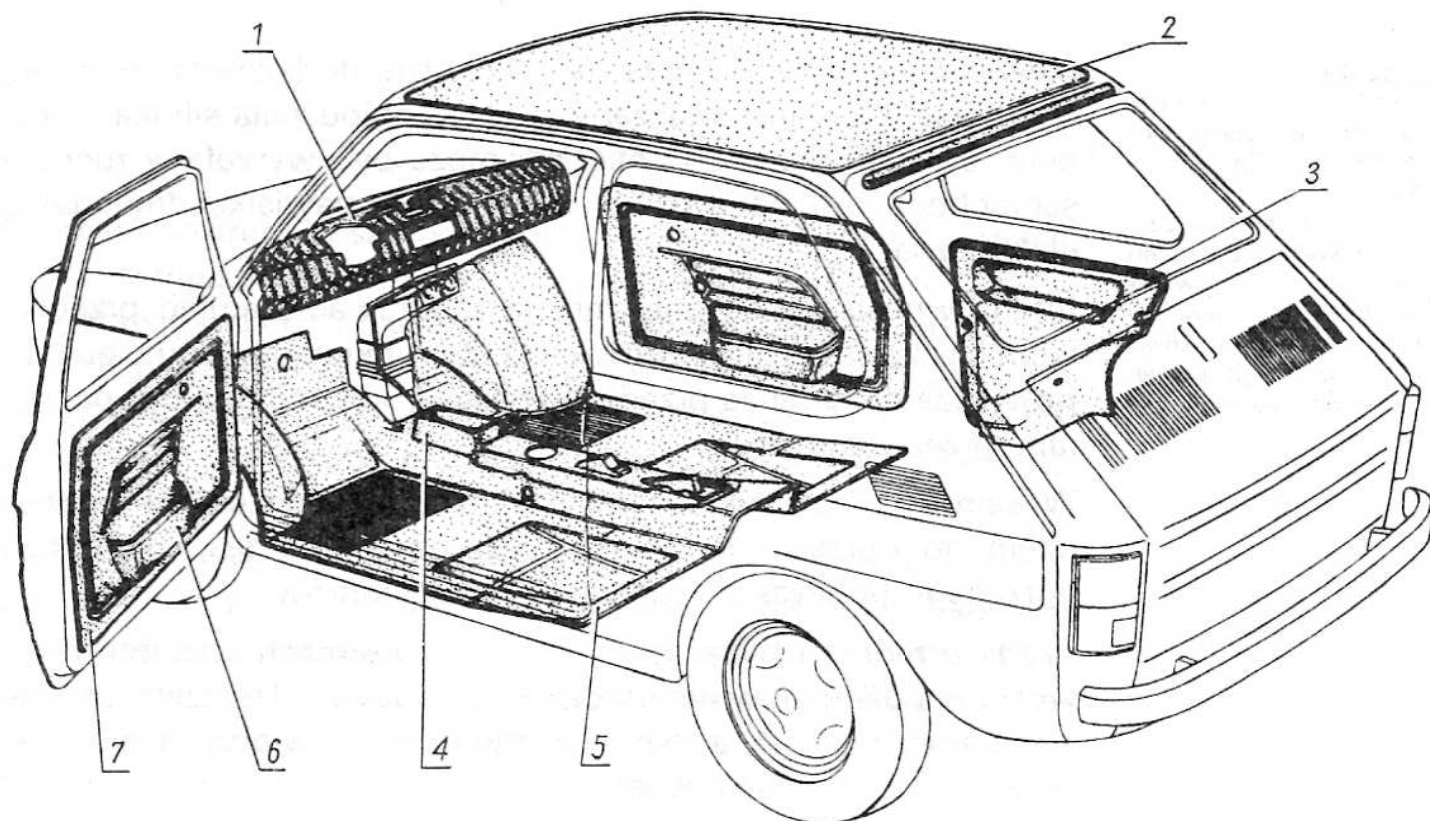
Zewnętrzne powierzchnie wszystkich blach są lakierowane. Powłoki lakierowe chronią nadwozie przed korozją i nadają mu estetyczny wygląd.

Blachy nadwozia są również lakierowane od strony wewnętrznej, lecz te powłoki stanowią jedynie zabezpieczenie antykorozyjne. Z reguły bowiem większość wewnętrznych powierzchni przedziału pasażerskiego jest pokryta *wykładzinami tapicerskimi* z tworzyw sztucznych lub z tkanin wykonanych z włókien sztucznych. Poszycie wewnętrzne nadwozia często w wielu miejscach jest pokryte warstwami izolacyjnymi, stanowiącymi zabezpieczenie cieplne i akustyczne. Warstwy izolacyjne wykonuje się z bitumicznych past głuszących, kartonu, wojłoku, z tworzyw sztucznych oraz z tworzyw piankowych.

Wykładziny tapicerskie wnętrza małego samochodu osobowego przedstawia rys. 4.5. W samochodach większych, droższych

Rys. 4.5
Zasadnicze elementy wewnętrznego poszycia małego samochodu osobowego

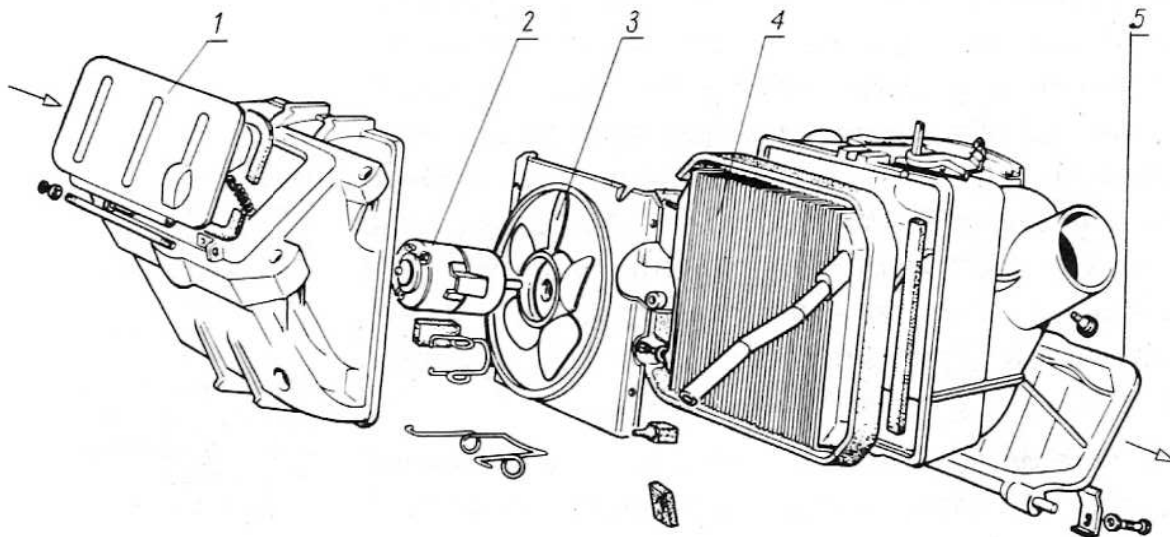
1 — wykładzina tablicy przyrządów, 2 — wykładzina dachu, 3 — wykładzina ścian bocznych, 4, 5 — wykładzina podłogi, 6 — kieszeń, 7 — wykładzina drzwi



pokrycia wewnętrzne przedziału pasażerskiego są bardziej rozbudowane, co zwiększa komfort jazdy. Zasadniczymi elementami wewnętrznego pokrycia przedziału osobowego są: wykładziny tablicy przyrządów 1, dachu 2, ścian bocznych 3, podłogi 4 i 5 (dywaniki), drzwi 7 z kieszenią 6.

Pozostałymi typowymi elementami wnętrza są: lusterko wsteczne, osłony przeciwsłoneczne nad szybą przednią, wyposażenie tablicy przyrządów (szybkościomierz, zestaw wskaźników, przełączniki), drobne elementy ozdobne oraz nagrzewnica.

Nagrzewnica stanowi zasadniczy element instalacji ogrzewczej samochodu osobowego. W samochodach z silnikami chłodzonymi cieczą ciepło odprowadzane przez tę ciecz z silnika służy do ogrzewania wnętrza pojazdu. Nagrzewnica zawiera wówczas



Rys. 4.6
Urządzenie ogrzewcze samochodu osobowego (Polski Fiat 125p) [16]

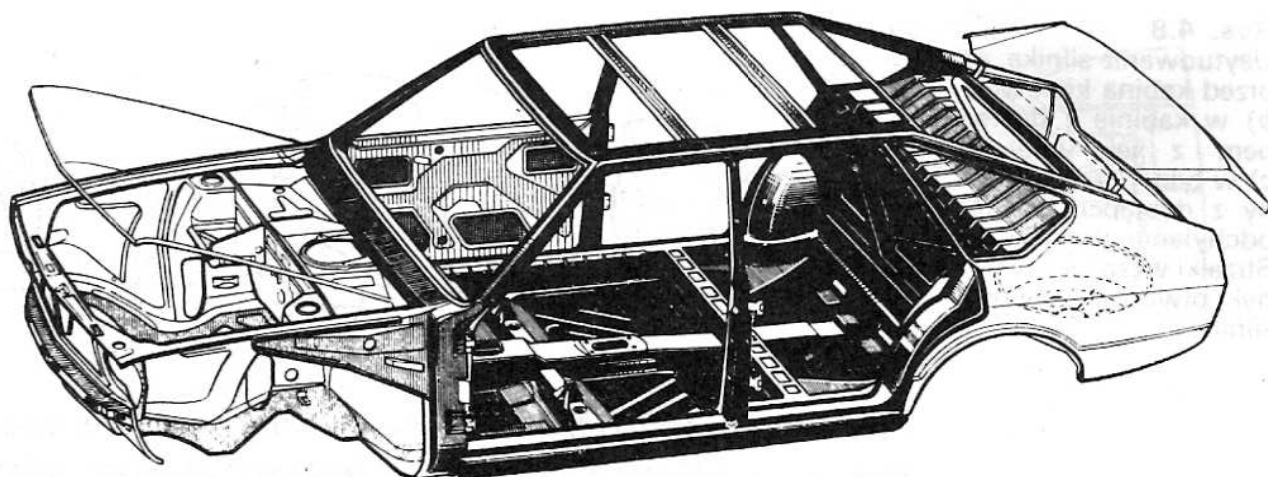
1 — pokrywa wlotu zimnego powietrza, 2 — silnik elektryczny, 3 — wirnik dmuchawy, 4 — wymiennik ciepła, 5 — pokrywa wlotu ogrzanego powietrza do wnętrza samochodu

niewielki wymiennik ciepła (rys. 4.6), tzn. dodatkową niewielką chłodnicę, który jest włączany w układ chłodzenia silnika. Przepływ powietrza przez wymiennik może być wywołany ruchem samochodu lub dodatkowo wymuszany niewielką dmuchawą elektryczną.

Intensywność ogrzewania można regulować sterując przepływem cieczy chłodzącej i powietrza. Kierunki nadmuchu ciepłego powietrza do wnętrza przedziału pasażerskiego mogą być dobrane przez jadących.

W samochodach napędzanych silnikami chłodzonymi powietrzem do ogrzewania wnętrza jest używana część powietrza ogrzanego podczas przepływu wokół cylindrów.

Szyby przednia i tylna są osadzone w otworach szkieletu nadwozia za pośrednictwem uszczelek gumowych. Uszczelki gumowe uszczelniają także drzwi w otworach drzwiowych oraz zapewniają szczelność bagażnika.



W nowoczesnych samochodach osobowych przedział pasażerski jest bardzo sztywny i wytrzymały, natomiast przednia i tylna część nadwozia (w układzie klasycznym — przedziały silnika i ładunkowy) są łatwo odkształcalne (rys. 4.7). W razie wypadku znaczna część energii zderzenia zostaje zużyta na ich zgniatanie. Kierowca i pasażerowie są ponadto zabezpieczeni pasami bezpieczeństwa, a przed ujemnymi skutkami gwałtownego szarpnięcia w tył chronią ich zagłówki umieszczone nad oparciami foteli.

Rys. 4.7
Sztywny przedział pasażerski i łatwo zgniatalne przedziały silnikowy i ładunkowy (bagażnik)

Coraz powszechniej stosuje się także poduszki powietrzne. Poduszka taka, schowana w cokole koła kierownicy, w chwili zderzenia zostaje napełniona sprężonym powietrzem w ogromnie krótkim czasie i elastycznie przejmuje na siebie impet lecącego do przodu kierowcy. Na razie poduszki takie stosuje się tylko na przednich siedzeniach.

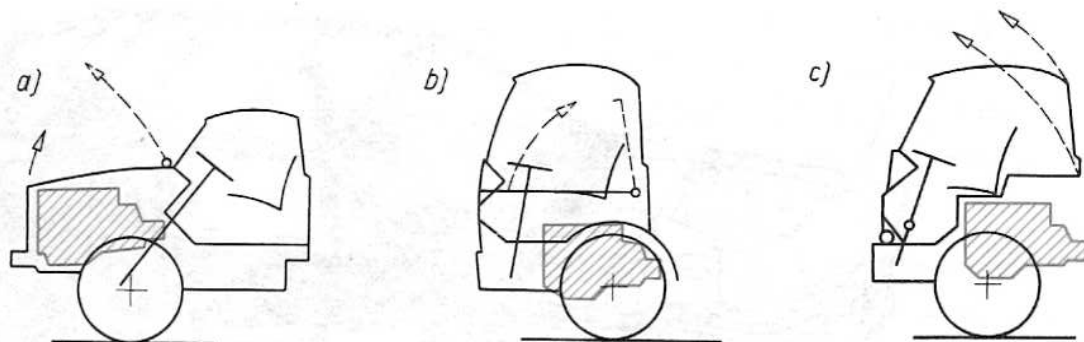
4.3 Nadwozia samochodów ciężarowych

Wprowadzenie. W samochodach ciężarowych stosuje się nadwozia nieniosące, osadzone na ramie. Wszystkie te nadwozia składają się z dwóch niezależnych od siebie części, osadzonych osobno na ramie. Są to: *część osobowa* — kabina kierowcy — oraz *część ładunkowa*, którą może stanowić np. skrzynia ładunkowa albo zamknięty przedział ładunkowy typu furgon lub kontener.

Część osobowa. W samochodach ciężarowych silnik z reguły jest umieszczony z przodu. Przedział silnika może być wysunięty przed kabinę lub może znajdować się w jej wnętrzu (rys. 4.8). Wysunięcie silnika przed kabinę kierowcy wydłuża pojazd i zmniejsza widoczność z miejsca kierowcy. Umieszczenie foteli dla obsługi przed kołami przednimi i silnikiem usuwa te wady

Rys. 4.8

Usytuowanie silnika: a) przed kabiną kierowcy, b) w kabinie z dostępem z jej wnętrza, c) w tylnej części kabiny z dostępem po jej odchyleniu do przodu. Strzałki wskazują kierunek otwarcia pokrywy silnika



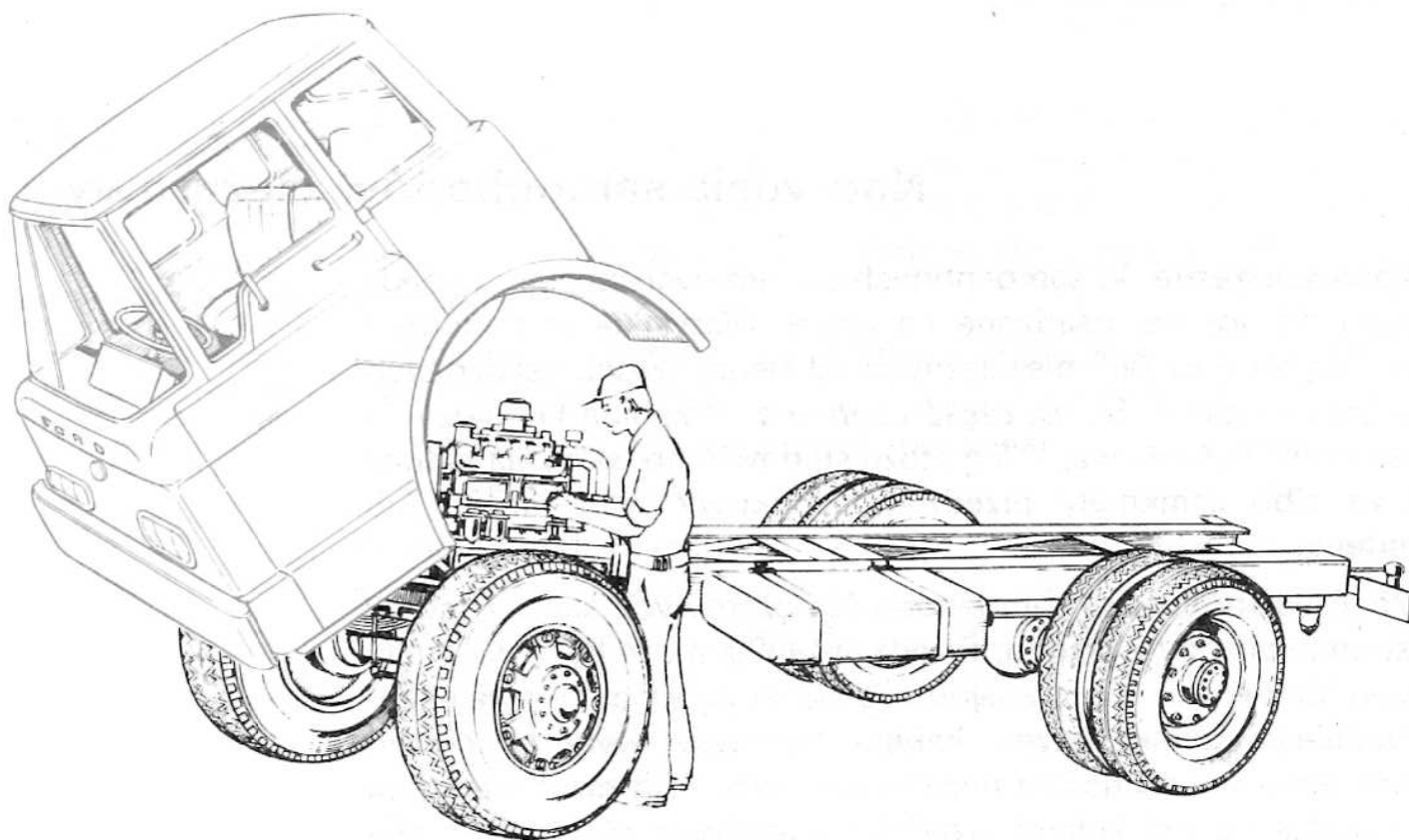
i zwiększa przestrzeń ładunkową. Dlatego ostatnio powszechnie stosuje się kabiny z silnikiem umieszczonym wewnątrz.

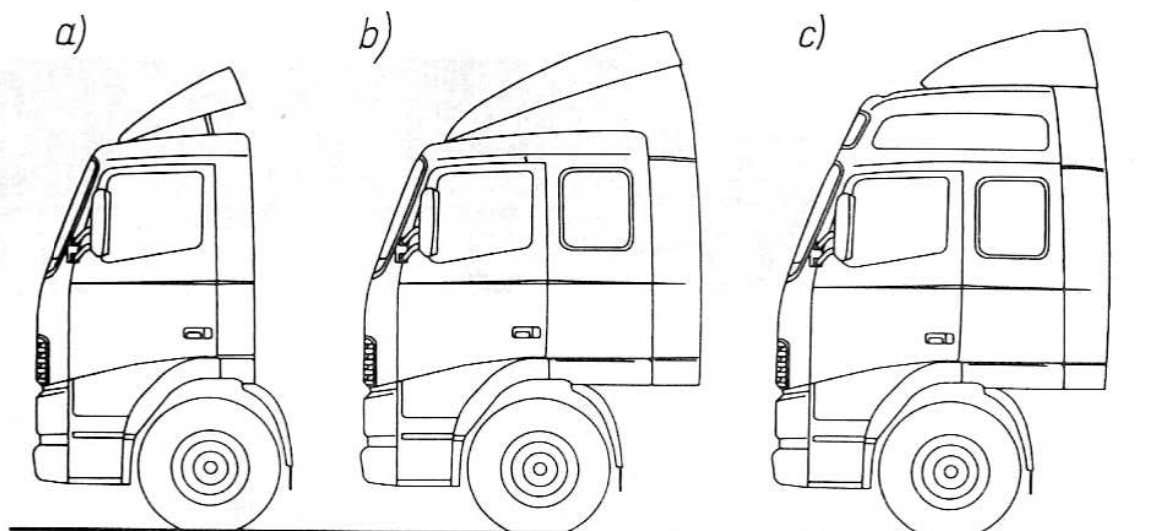
W samochodach ciężarowych, napędzanych dużymi skomplikowanymi silnikami, wymagającymi starannej obsługi, bardzo istotne jest zapewnienie łatwego dostępu do silnika. Gdy silnik jest umieszczony przed kabiną kierowcy, dostęp do niego umożliwia pokrywa, podnoszona podobnie jak w samochodach osobowych. W samochodach z silnikiem umieszczonym wewnątrz kabiny jego pokrywa także znajduje się wewnątrz kabiny. Dostęp do silnika jest wtedy bardzo utrudniony.

Obecnie coraz częściej stosuje się kabiny odchylane do przodu (rys. 4.9). Rozwiązanie takie wykazuje zalety, jakie daje umieszczenie silnika wewnątrz kabiny, a jednocześnie zapewnia doskonały dostęp do silnika. Przód kabiny odchylanej jest zawiasowo mocowany do ramy samochodu. Zastosowanie takiego rozwiązania wymaga specjalnej konstrukcji wszystkich mechanizmów prowadzenia pojazdu.

Rys. 4.9

Odchylana kabina kierowcy





Kabina kierowcy jest zbudowana podobnie do szkieletowego nadwozia samochodu osobowego. Obsłudze samochodów ciężarowych należy zapewnić warunki wygodnej i bezpiecznej jazdy podczas długodystansowych przebiegów pojazdu. Toteż wyposażenie wewnętrzne kabiny nowoczesnego samochodu ciężarowego jest nie mniej komfortowe niż wnętrze samochodu osobowego. Kabiny ciężarówek dalekobieżnych są wyposażone w miejsce do spania. Coraz częściej spotyka się dachy kabin profilowane opływowo tak, żeby zmniejszyć opory przepływu powietrza wokół pojazdu (rys. 4.10).

Kabiny samochodów ciężarowych umieszcza się na ramie w sposób elastyczny, za pomocą różnego rodzaju elementów gumowych. Zadaniem tych elementów jest odizolowanie kabiny od drgań, które są przenoszone przez zawieszenie na ramę pojazdu.

Część ładunkową nadwozia samochodu ciężarowego najczęściej stanowi *skrzynia ładunkowa*. Obecnie jest ona zwykle wykonywana z elementów tłoczonych z blachy, lecz spotyka się jeszcze skrzynie drewniane. Podłoga skrzyni jest wsparta na kilku poprzecznych belkach, które z kolei są mocowane do podłużnic ramy pojazdu. Boczne ściany skrzyni ładunkowej są umieszczone na zawiasach, co ułatwia jej załadunek.

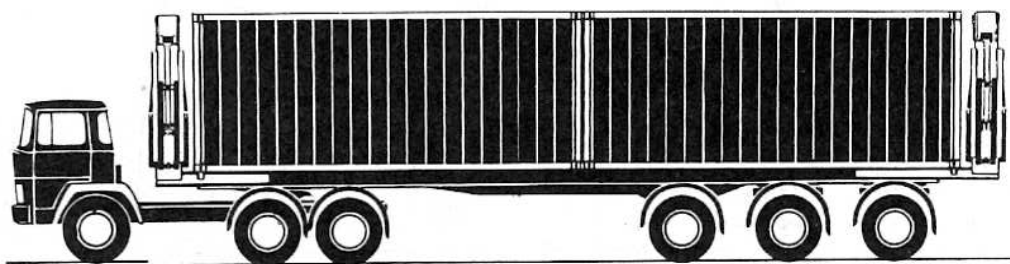
Innym rodzajem części ładunkowej jest przestrzeń ładunkowa zamknięta, typu *furgon*. Takie nadwozia są coraz powszechniej stosowane, ponieważ całkowicie zabezpieczają ładunek przed wpływami atmosferycznymi.

Najnowocześniejszym środkiem transportu drogowego jest pojazd kontenerowy. *Kontener* jest to znormalizowany pojemnik skrzyniowy, całkowicie zamknięty, stanowiący jednostkę ładunkową łatwą do załadowania i wyładowania. Dzięki zunifikowanym wymiarom i konstrukcji elementów łączących kontener z pojazdem możliwe jest mocowanie kontenera do różnych

Rys. 4.10

Zarysy nowoczesnych kabin samochodów ciężarowych: a) kabina pojazdu przeznaczonego do ruchu lokalnego, b) przedłużona kabina pojazdu dalekobieżnego z miejscami do spania, c) kabina podwyższona pojazdu dalekobieżnego [18]

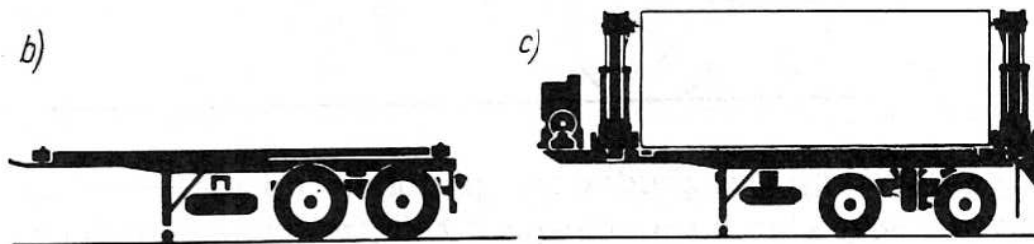
a)



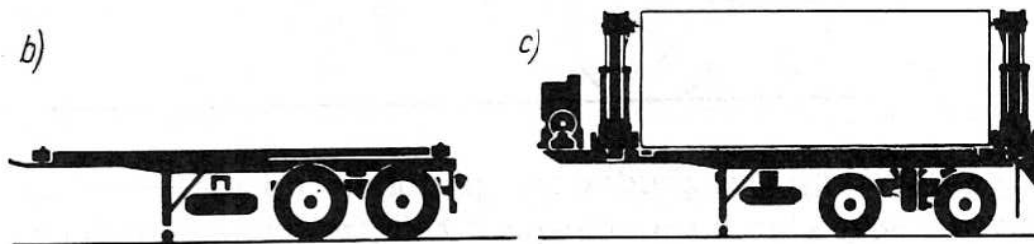
Rys. 4.11

Pojazdy kontenerowe:
 a) kontenerowy zestaw naczepowy, b) naczepa kontenerowa transportowa, c) naczepa kontenerowa samowyladowcza [16]

b)

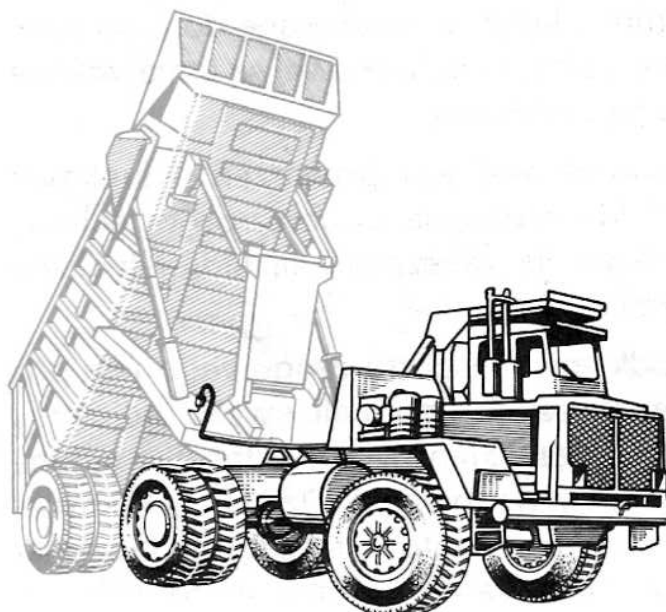


c)



pojazdów kontenerowych. Gdy samochód przewozi jeden kontener, inne kontenery mogą być w tym czasie ładowane lub rozładowywane. Skracą to znacznie czas postoju pojazdu, a tym samym — zmniejsza koszty transportu.

Do przewozu kontenerów stosuje się zazwyczaj pojazd złożony z dwóch części: ciągnika siodłowego i naczepy (rys. 4.11b). Krótka charakterystyka ciągników siodłowych i naczep jest przedstawiona w rozdziale 5. Naczepa kontenerowa tym się różni od innych naczep, że jest przystosowana do mocowania na niej kontenerów. Przewóz kontenerów zestawem ciągnik siodłowy — naczepa ma tę zaletę, że zapewnia takiemu pojazdowi kontenerowemu, zazwyczaj długiemu, odpowiednią zwrotność. Ciągniki siodłowe używane w zestawach z naczepami kontenerowymi są takie same jak do innych naczep. Niekiedy można spotkać



Rys. 4.12

Wywrotka budowlana
 dużej ładowności [16]

naczepy kontenerowe, na których na stałe są umieszczone urządzenia (dźwigi) ułatwiające ładowanie kontenerów.

Zwykłe skrzynie ładunkowe oraz zamknięte nadwozia furgonowe również bywają budowane na naczepach współpracujących z ciągnikami siodłowymi.

Powszechnie używane, zwłaszcza w budownictwie, są *samochody samowyładowcze*, zwane wywrotkami. W takich pojazdach skrzynia ładunkowa jest mocowana do ramy zawiasowo. Hydrauliczne urządzenie podnośnikowe unosi swobodną część skrzyni ładunkowej, wysypując ładunek (rys. 4.12). W zależności od konstrukcji wywrotki ładunek może być wysypywany ku tyłowi pojazdu lub w bok (rzadziej).

4.4

Nadwozia autobusów

Zadania i rodzaje autobusów. Autobusy są pojazdami samochodowymi przeznaczonymi do przewozu od kilkunastu do kilkudziesięciu pasażerów. Ze względu na duże wymiary i obciążenia mechanizmów nośnych i jezdnych oraz układu napędowego podwozia autobusów są podobne do podwozi samochodów ciężarowych.

Nadwozie autobusu jest dostosowane do zadań, jakie ten autobus ma spełniać. Pod względem przeznaczenia rozróżniamy autobusy:

- miejskie — zwykłe, członowe lub piętrowe;
- międzymiastowe;
- turystyczne.

Autobusy miejskie są przeznaczone do przewozu dużej liczby osób na stosunkowo krótkich trasach. Istotnym czynnikiem wpływającym na konstrukcję nadwozi takich autobusów jest znaczna rotacja pasażerów, wsiadających i wysiadających na licznych przystankach. Autobusy miejskie muszą mieć szerokie drzwi, szerokie przejścia wewnątrz między fotelami oraz wiele miejsc stojących. Liczba miejsc siedzących może być znacznie ograniczona, a fotele mogą być uproszczone ze względu na krótki czas ich używania. W takich autobusach kierowca musi mieć zapewnioną doskonałą widoczność, co ułatwia mu pracę w trudnych warunkach ruchu miejskiego. W autobusach miejskich zbędna jest przestrzeń bagażowa.

Autobusy członowe, zwane przegubowymi, to autobusy miejskie spełniające warunek dużej pojemności, z jednoczesnym zachowaniem w ruchu miejskim znacznej zwrotności. W takich autobusach kierowane są zarówno osie przednie, jak i tylne. Ze

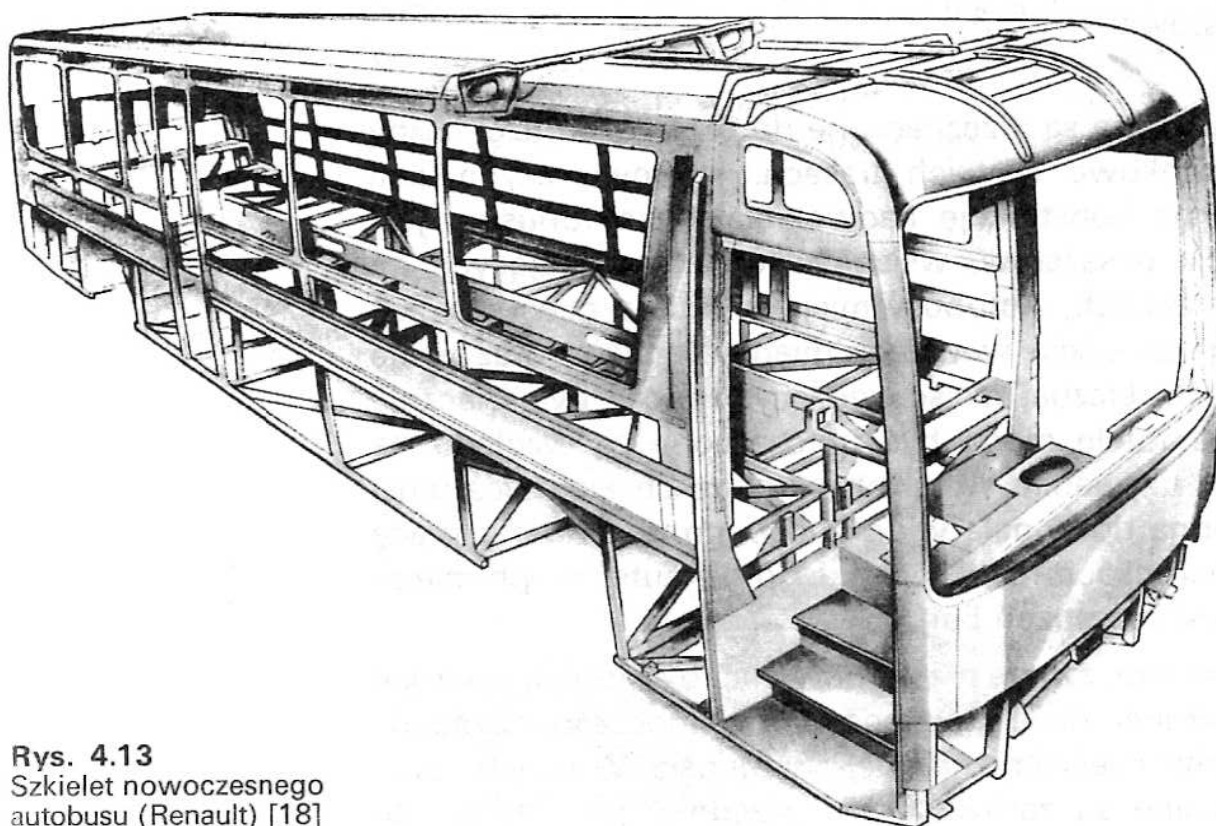
względu na dużą długość autobusu członowego szczególnie istotne jest właściwe zorganizowanie ruchu pasażerów w jego wnętrzu.

Autobusy piętrowe to także odmiana autobusu miejskiego o zwiększonej pojemności. Są one krótkie, lecz wysokie, toteż nie nadają się do użytku w miastach wyposażonych w sieć przewodów tramwajowych.

Autobusy międzymiastowe służą do przewozu pasażerów na duże odległości. Na trasach międzymiastowych rotacja pasażerów jest niewielka, natomiast istotne jest zapewnienie wygody jazdy oraz dużej liczby miejsc siedzących. Aby zwiększyć liczbę miejsc siedzących, w niektórych autobusach stosuje się dodatkowe siedzenia, rozkładane między rzędami foteli stałych.

Autobusy turystyczne są przeznaczone do przewozu pasażerów na duże odległości w komfortowych warunkach, ponieważ celem jadących jest wypoczynek. Autobusy takie mają wygodne fotele, o regulowanym pochyleniu oparcia, z zagłówkami. Są one wyposażone w urządzenia ogrzewcze i klimatyzacyjne. Okna autobusu są duże, często z przydymionymi szybami, umożliwiające doskonałą widoczność z wnętrza autobusu w czasie zwiedzania. Przedział silnikowy jest tu wyjątkowo starannie odizolowany akustycznie.

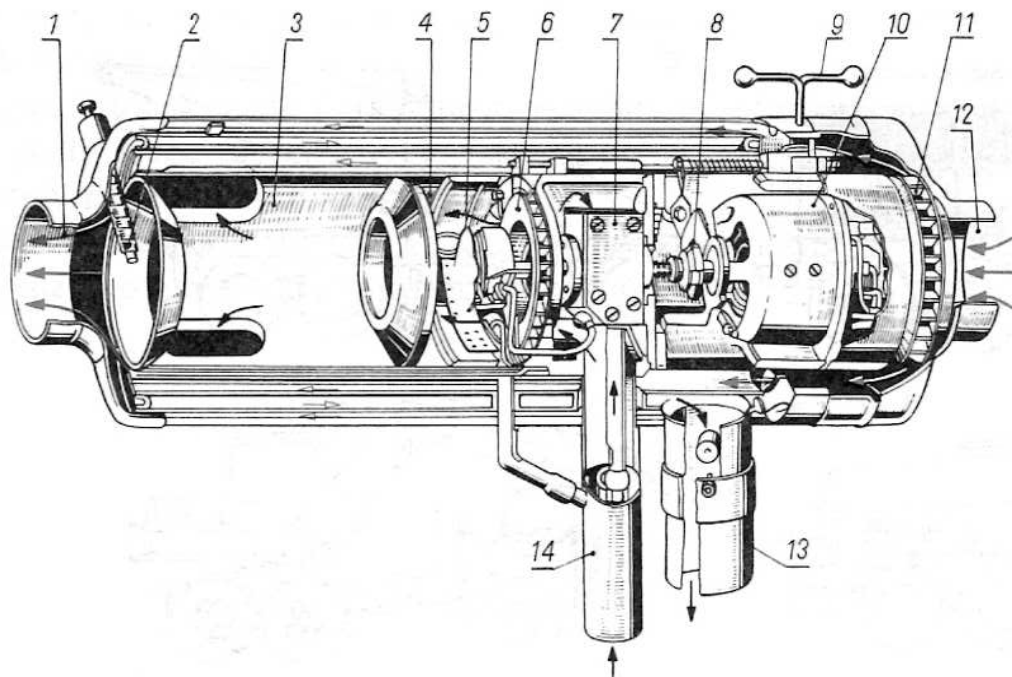
Nadwozia autobusów mają budowę szkieletową (rys. 4.13). Szkielety nadwozi zwykle są wykonywane z cienkościennych kształtowników. Wiele blaszanych elementów nadwozi auto-



Rys. 4.13
Szkielet nowoczesnego autobusu (Renault) [18]

busów wykonuje się ze stopów lekkich, w celu zmniejszenia masy autobusu. Szkielet nadwozia z zewnątrz jest pokryty poszyciem blaszanym, a wewnątrz — poszyciem z tworzyw sztucznych.

Znaczne wymiary przedziału osobowego sprawiają, że do ogrzewania wnętrza autobusów stosuje się oddzielne, niezależne od układu chłodzenia silnika, urządzenia ogrzewcze (rys. 4.14).



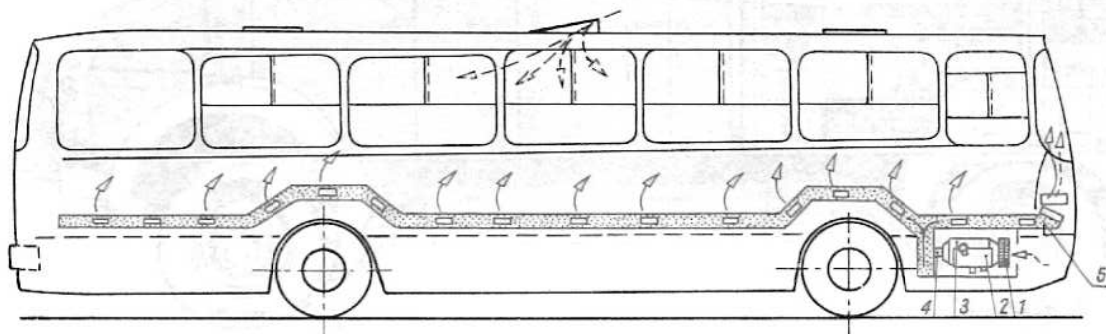
Rys. 4.14

Budowa urządzenia ogrzewczego autobusu [11]

1 — wylot gorącego powietrza, 2 — wskaźnik temperatury, 3 — komora dopalania, 4 — komora spalania, 5 — rozpylacz kubkowy, 6 — wentylator powietrza (do spalania), 7 — pompa paliwa, 8 — sprzęgło, 9 — przełącznik, 10 — silnik elektryczny, 11 — wentylator świeżego powietrza, 12 — wlot świeżego powietrza, 13 — wylot spalin, 14 — wlot powietrza (do spalania)

Urządzenia takie wdmuchują do wnętrza nadwozia powietrze ogrzane ciepłem wywołanym podczas spalania paliwa w komorze urządzenia ogrzewczego. Urządzenie to jest zasilane paliwem z osobnego zbiornika.

Przykład usytuowania urządzenia ogrzewczego w autobusie przedstawia rys. 4.15. Urządzenie ogrzewcze 3 jest zasilane paliwem ze zbiornika 2. Powietrze wpływa przez filtr 1 i po ogrzaniu jest wprowadzane do wnętrza nadwozia przewodem 4. Część ciepłego powietrza przewodami 5 jest kierowana na przednią szybę autobusu.



Rys. 4.15

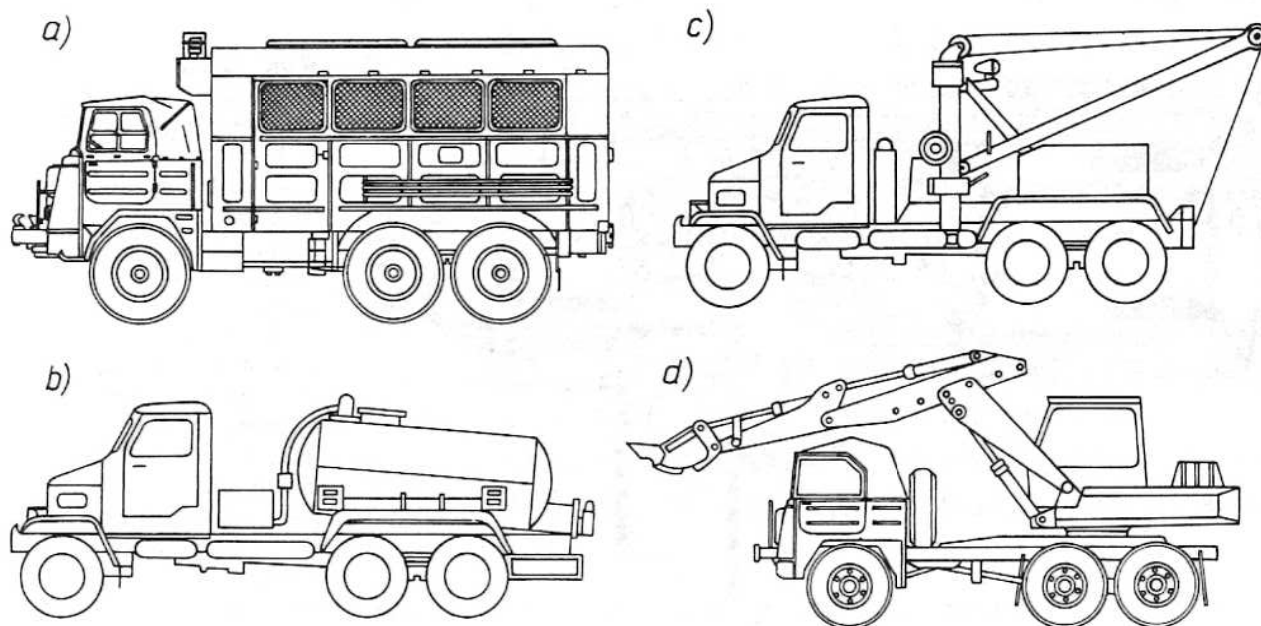
Usytuowanie urządzenia ogrzewczego w autobusie [11]

1 — filtr powietrza, 2 — zbiornik paliwa, 3 — urządzenie ogrzewcze, 4 — przewód ciepłego powietrza, 5 — nadmuchiwanie na przednie szyby

4.5

Nadwozia pojazdów specjalnego przeznaczenia

Pojazd samochodowy specjalnego przeznaczenia jest przystosowany do wykonywania określonych zadań gospodarczych lub społecznych. Jego zasadniczym przeznaczeniem nie jest więc przewóz ładunków. Nadwozia takich pojazdów są dostosowane do funkcji, jaką ma spełniać pojazd.



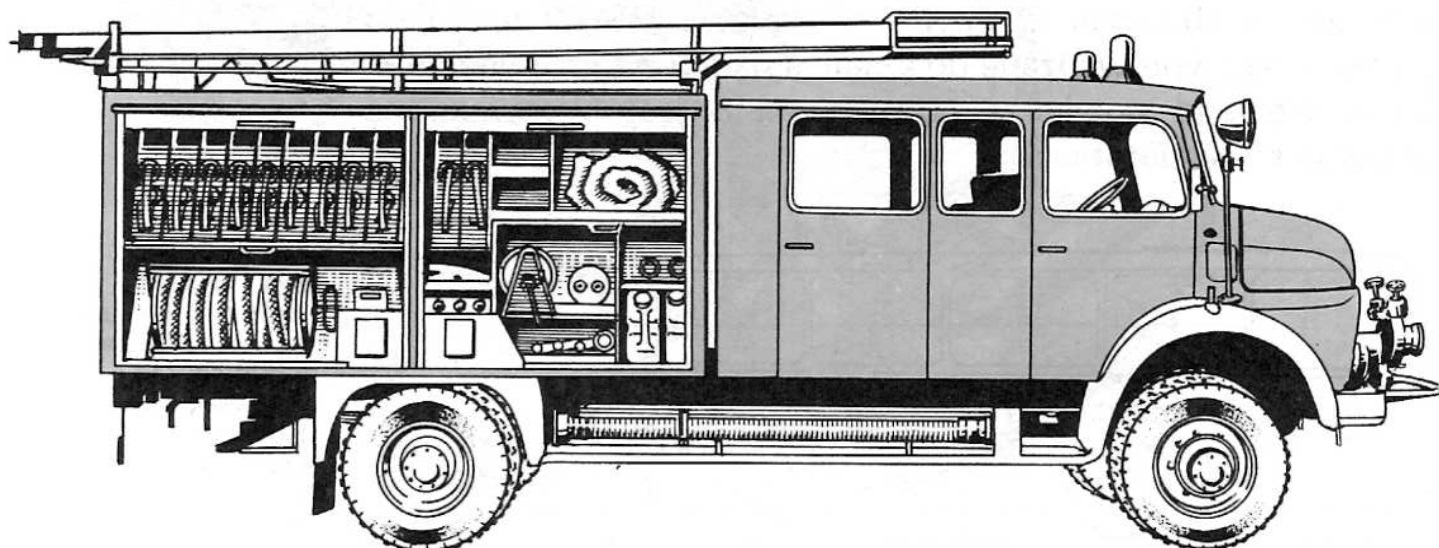
Rys. 4.16

Samochody specjalne:
a) pogotowie techniczne,
b) asenizacyjny,
c) dźwig, d) koparka

W każdym z tych pojazdów istnieje przedział dla obsługi, który nie zawsze jednak stanowi oddzielną kabinę kierowcy. Tradycyjny przedział ładunkowy tu nie istnieje, gdyż zamiast ładunku pojazd przewozi urządzenie robocze, usługowe lub inne. Pojazd taki (rys. 4.16) jest więc bardziej zbliżony do samojezdnej maszyny roboczej niż do środka transportu. Nie przewozi on wprawdzie ładunku, ale bywa, że musi mieć pewną przestrzeń do

Rys. 4.17

Samochód gaśniczy



przewozu określonych materiałów i czynników roboczych, niezbędnych do wykonywania zadań, do których jest przeznaczony.

Do pojazdów specjalnego przeznaczenia zaliczamy:

- pojazdy komunalne, jak odśnieżarki, zmiatarki, polewarki i zmywarki, śmieciarki i pojazdy asenizacyjne, samochody gaśnicze (rys. 4.17);
- pojazdy służby zdrowia, jak karetki pogotowia, ambulanse, ambulatoria objazdowe, samochody dezynfekcyjne itp.;
- pojazdy-sklepy;
- pojazdy do celów propagandowo-kulturalnych, jak biblioteki lub muzea objazdowe itp.;
- pojazdy turystyczne (samochody kempingowe);
- pojazdy służb technicznych, jak samochody-drabiny, samochody pogotowia technicznego itp.;
- pojazdy do celów specjalnych, budowane na specjalne życzenie użytkowników, według ich wymagań.

5

Przyczepy i naczepy. Ciągniki. Motocykle

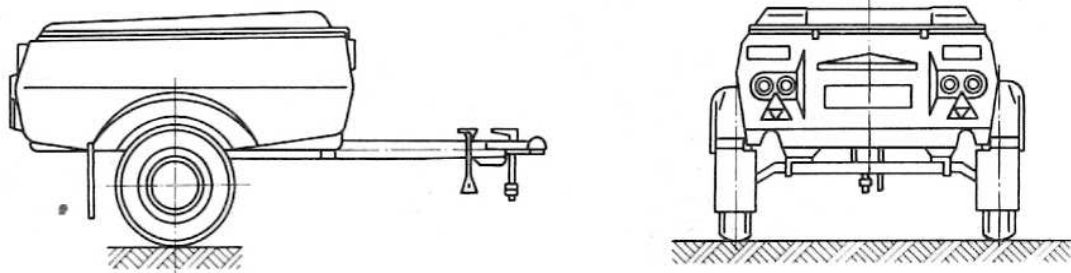
5.1

Przyczepy

W zależności od przeznaczenia przyczepy pojazdów samochodowych dzielimy na: ciężarowe, osobowe, rolnicze i specjalnego przeznaczenia.

Przyczepy ciężarowe mogą być *jedno-* lub *wieloosiowe*. Przyczepy jednoosiowe (rys. 5.1) stosuje się zwykle do przewozu niewielkich ładunków w zestawie z samochodami osobowymi. Takie przyczepy nie są zazwyczaj wyposażone w układ

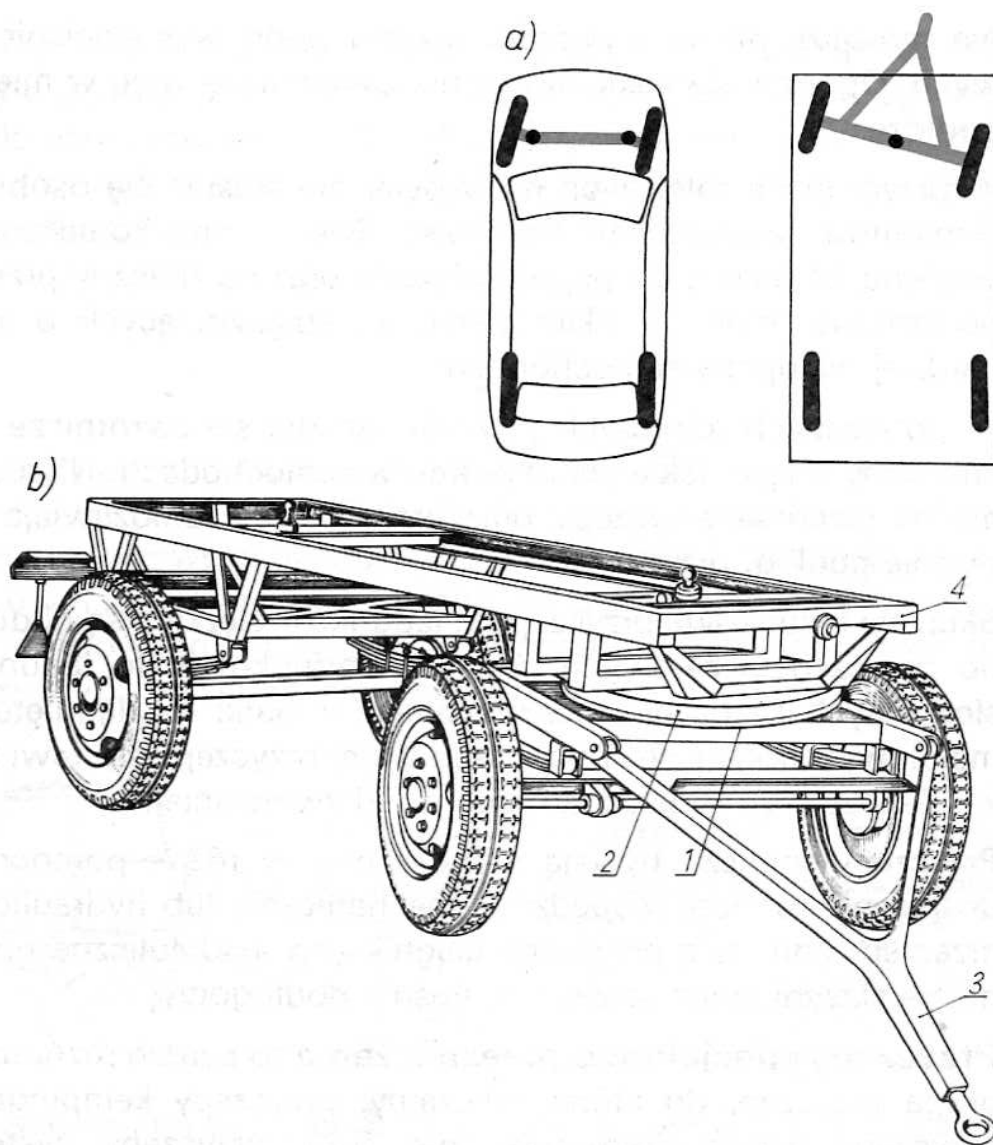
Rys. 5.1
Przyczepa jednoosiowa
do samochodu osobowego



hamulcowy. Do grupy przyczep jednoosiowych należą także przyczepy dłuźycowe, przeznaczone do przewozu długich ładunków. Taka przyczepa składa się z osi (niehamowanej) oraz z wspartej na niej nieskomplikowanej ramy, która jest połączona z ciągnącym pojazdem długim dyszlem wykonanym zazwyczaj z rury stalowej. Dyzel stanowi element wiążący oś przyczepy z pojazdem, a nie część niosącą ładunek. Ładunek spoczywa z przodu na tylnej części pojazdu ciągnącego, a z tyłu jest wsparty na osi przyczepy.

Powszechne zastosowanie mają przyczepy ciężarowe dwuosio-
we (rys. 5.2). Przednia oś takiej przyczepy jest zwracana. Nie jest jednak wyposażona w mechanizm zwrotniczy, lecz jest osią sztywną, obracaną wraz z kołami względem ramy. Zwracanie osi odbywa się za pomocą dyszla. Taki mechanizm skrętu nazywa się *obrotnicowym*. Dolny pierścień obrotnicy 1 jest wsparty na przedniej osi za pośrednictwem resorów, a pierścień górny 2 jest połączony z ramą przyczepy. Między obydwoma pierścieniami są umieszczone rolki ułatwiające obrót.

Przyczepy ciężarowe dwuosio-
we są wyposażone w układ hamulcowy działający na wszystkie koła. Hamulce są uruchamiane



Rys. 5.2

Przyczepa ciężarowa:
a) schemat ilustrujący różnicę między samochodowym a obrotowym (w przyczepie) mechanizmem skrętu,
b) podwozie przyczepy ciężarowej z mechanizmem obrotowym

1 — dolny pierścień obrotownicy, 2 — górny pierścień obrotownicy, 3 — dyszel, 4 — rama

pneumatycznie. Ponadto w przyczepach takich stosuje się hamulec postojowy uruchamiany mechanicznie w chwili opuszczenia dyszla, tzn. po odłączeniu przyczepy od pojazdu ciągnącego.

Skrzynie ładunkowe przyczep są zbudowane podobnie jak skrzynie ładunkowe samochodów ciężarowych. Instalacja elektryczna przyczep zapewnia im przepisowe oświetlenie.

Przyczepy osobowe są ciągnięte przez autobusy. Podwozie takiej przyczepy jest zbudowane podobnie jak podwozie przyczepy ciężarowej dwuosiowej. Jedyną większą różnicę stanowi zwrotnicowy mechanizm zwrotniczy. Nadwozie jest skonstruowane tak samo jak nadwozie autobusu.

Przyczepy rolnicze są przeznaczone do współpracy z ciągnikami rolniczymi. Przyczepy takie są więc przystosowane do poruszania się po drogach gruntowych lub w polu, z niewielkimi prędkościami. Jazdę przyczepy po miękkim terenie znacznie ułatwiają niskociśnieniowe opony o dużym przekroju poprzecznym, mające znaczną powierzchnię styku z podłożem. Jednostkowe naciski występujące na styku opony z gruntem są znacz-

nie mniejsze niż w przypadku użycia opon wysokociśnieniowych. Opona niskociśnieniowa nie zagłębia się więc w miękkie podłoże.

W przyczepach rolniczych najczęściej nie stosuje się osobnych elementów resorujących (resorów). Nie są one konieczne ze względu na niewielkie prędkości jazdy oraz na znaczny przekrój poprzeczny opon o niskim ciśnieniu, sprężynujących o wiele bardziej niż opony samochodowe.

W przyczepach rolniczych niekiedy stosuje się zwrotnicze mechanizmy skrętu, takie jak używane w samochodach. Nieruchoma oś przednia przyczepy oraz brak resorów umożliwiają obniżenie podłogi przyczepy.

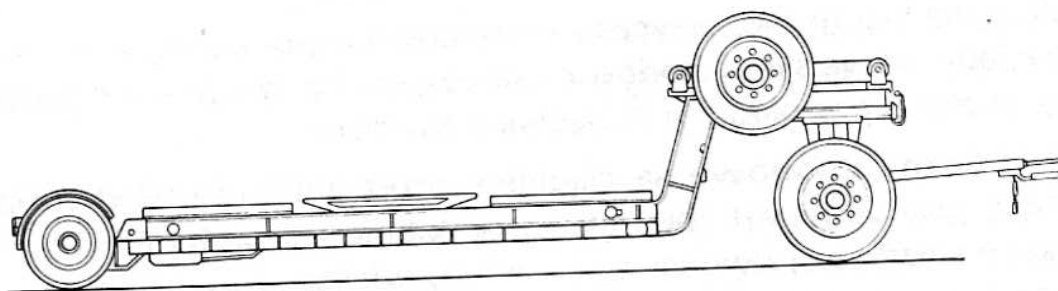
Skrzynie ładunkowe przyczep do ładunków ciężkich są podobne do przyczep ciężarowych. Skrzynie ładunkowe do ładunków słomianych są przeważnie wykonane z siatki rozciągniętej na metalowym szkielecie. Także dach takiej przyczepy stanowi siatka. Zabezpiecza to lekki ładunek przed zwiewaniem.

Przyczepy rolnicze bywają wyposażone w różne pomocnicze urządzenia robocze, napędzane mechanicznie lub hydraulicznie przez sprzęgnięty z przyczepą ciągnik (np. hydrauliczne opróżnianie skrzyni ładunkowej, przenośnik podłogowy).

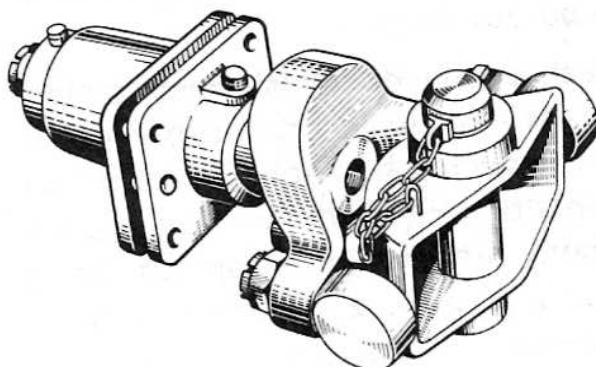
Przyczepy specjalnego przeznaczenia to bardzo różnorodna grupa przyczep, do której zaliczamy: przyczepy kempingowe, przyczepy niskopodwoziowe (rys. 5.3), przyczepy cysterny, przyczepy samowyładowcze itp.

Przyczepy są sprzęgane z pojazdem ciągnącym za pomocą *sprzęgu*. W samochodach osobowych jako sprzęg służy przegub

Rys. 5.3
Przyczepa niskopodwoziowa do przewożenia ciężkich ładunków, zazwyczaj sprzęgana z ciągnikiem balastowym



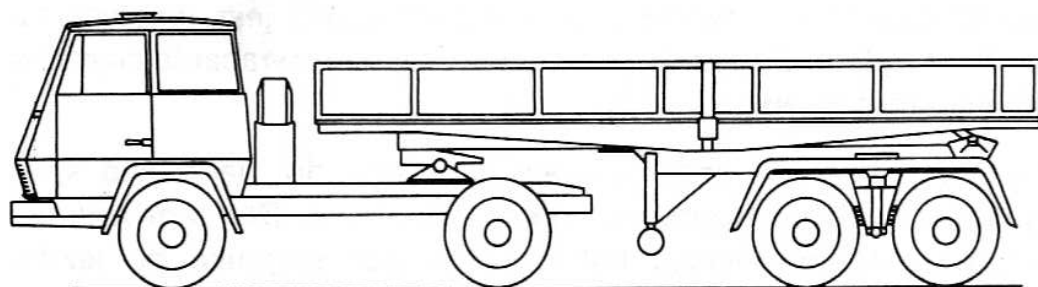
Rys. 5.4
Sprzęg sworzniowy samochodu ciężarowego



kulowy. W samochodach ciężarowych i ciągnikach sprzęg ma zwykle postać sworznia przetykanego pionowo przez ogniwo dyszla przyczepy (rys. 5.4). Takie sprzężenie umożliwia znaczny poziomy ruch dyszla oraz jego ograniczony ruch pionowy. Niekiedy stosuje się również sprzęgi automatyczne.

5.2 Naczepy

O naczepowych zestawach kontenerowych wspomniano już w rozdziale 4 (p. 4.3). Zestawy takie stosuje się powszechnie także do przewozu innych ładunków. Zaletą stosowania zestawów naczepowych jest możliwość użycia tego samego ciągnika siodłowego do ciągnięcia różnych naczep. Umożliwia to lepsze wykorzystanie ciągników.



Rys. 5.5
Typowy zestaw naczepowy

Jak wspomniano uprzednio, rama naczepy jest wsparta z tyłu na osiach jezdnych za pośrednictwem resorów. Z przodu rama opiera się na tylnej części ciągnika siodłowego. Miejsce sprzęgnięcia naczepy z ciągnikiem nazywa się sprzęgiem siodłowym. Sprzęg ten służy do podtrzymywania przodu naczepy oraz umożliwia ruch obrotowy naczepy względem ciągnika, niezbędny przy skrętach. Typowy zestaw naczepowy przedstawia rys. 5.5.

Naczepa może mieć jedną lub kilka osi. Wszystkie koła naczepy są hamowane. Hamulce naczepy z reguły są uruchamiane pneumatycznie. W przedniej części naczepy znajdują się dwa wysięgniki podpierające jej przód podczas postoju bez ciągnika. Długość tych podpór może być regulowana.

Skrzynie ładunkowe naczep są budowane jak w samochodach ciężarowych. Przestrzeń ładunkowa może być otwarta lub zamknięta. Niekiedy naczepy wyposaża się w nadwozia przystosowane do przewozu specjalnych ładunków, przeznaczone do określonych celów, np. naczepa-chłodnia, naczepa samowyladowcza.

Do połączenia elektrycznej i pneumatycznej instalacji uruchamiania hamulców ciągnika i naczepy służą specjalne złącza, umożliwiające szybkie i niezawodne sprzęgnięcie.

5.3

Ciągniki drogowe

Ciągniki mogą być *drogowe* lub *rolnicze*.

Ciągnikami drogowymi określa się wszystkie pojazdy samochodowe, które są przystosowane do ciągnięcia przyczep i naczep po drogach o nawierzchniach utwardzonych. Ciągnikami mogą być zwykłe samochody ciężarowe, a niekiedy także autobusy i samochody osobowe, wyposażone w urządzenia do przyłączania i sterowania przyczep. Ciągnikami drogowymi są także specjalne pojazdy samochodowe przeznaczone wyłącznie do ciągnięcia naczep — ciągniki siodłowe lub do ciągnięcia przyczep — ciągniki balastowe.

Ciągnik siodłowy jest samochodem ciężarowym, w skład którego zamiast części ładunkowej nadwozia wchodzi siodło. Po sprzęgnięciu ciągnika z naczepą jej przednia część jest wsparta na siodle ciągnika. Konstrukcja siodła umożliwia zwracanie ciągnika względem naczepy.

Ciągnik balastowy jest używany z reguły do ciągnięcia specjalistycznych przyczep z ciężkimi ładunkami. Dla zapewnienia odpowiedniego docisku kół napędzanych ciągnika do jezdni (w celu uzyskania wystarczającej siły napędowej) jest on obciążony balastem.

Zarówno ciągniki siodłowe, jak balastowe są budowane na podwoziach samochodów ciężarowych o skróconych ramach i wyposażone w normalne kabiny kierowcy. W ciągnikach siodłowych skrzynię ładunkową zastępuje siodło, a w ciągnikach balastowych — pojemnik (skrzynia) zawierający obciążenie (balast).

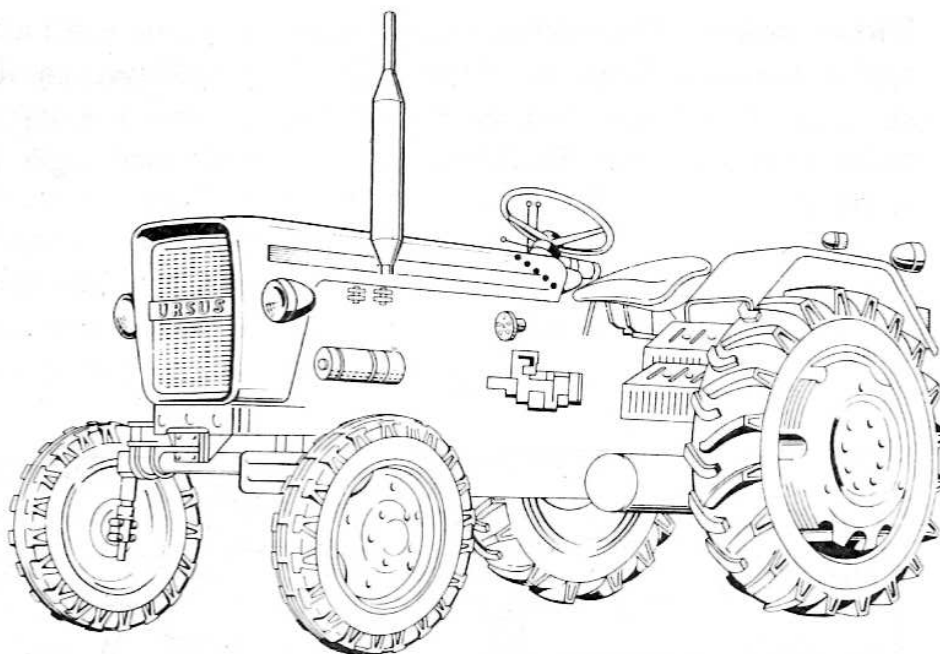
5.4

Ciągniki rolnicze

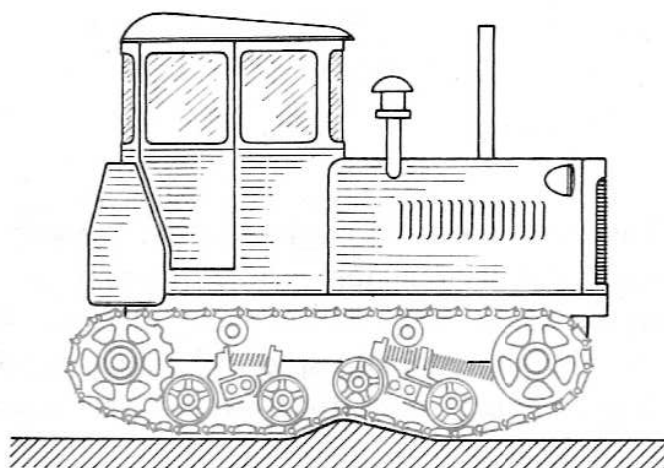
5.4.1

Wiadomości ogólne

Ciągniki rolnicze są zasadniczo przeznaczone do ciągnięcia maszyn i przyczep rolniczych. Mogą też służyć jako nośniki narzędzi rolniczych oraz mogą być użyte do napędu różnych maszyn towarzyszących (kosiarek, wiązałek itp). W tym ostatnim przypadku napęd od ciągnika do maszyny jest przekazywany bezpośrednio za pomocą wału odbioru mocy.



Rys. 5.6
Kołowy ciągnik rolni-
czy



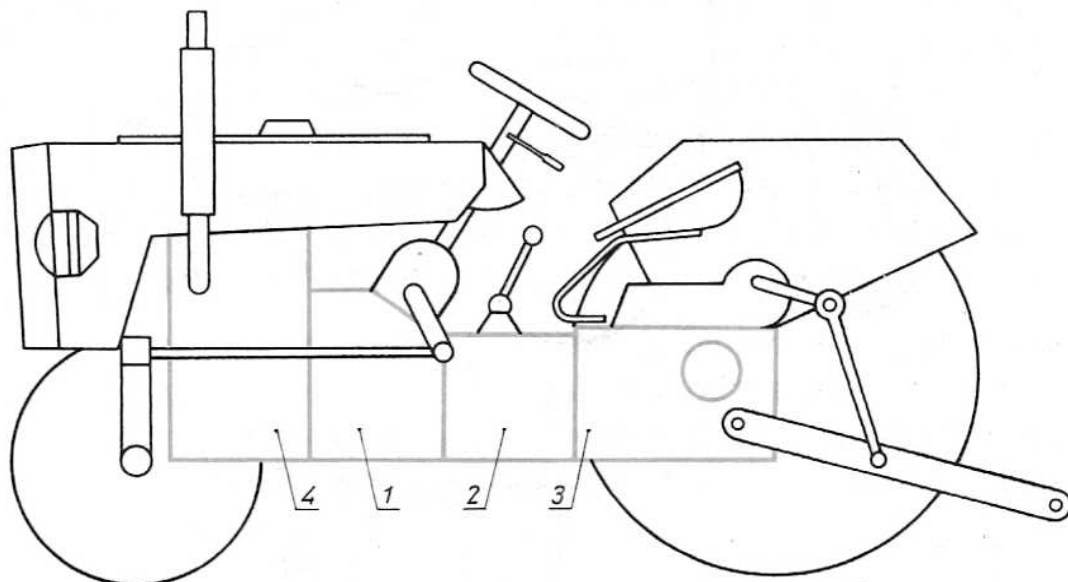
Rys. 5.7
Lekki ciągnik gąsieni-
cowy

Podstawowym parametrem charakteryzującym przydatność ciągnika w pracach polowych jest *siła uciągu*, która wynosi od kilku do kilkudziesięciu kiloniutonów. W ciągniku kołowym (rys. 5.6) jest możliwe uzyskanie siły uciągu do około 30 kN. Granicę tę wyznacza przyczepność kół napędzanych do podłoża. Dla uzyskania większej siły uciągu niezbędne jest użycie ciągnika gąsienicowego (rys. 5.7).

5.4.2 Cechy konstrukcyjne ciągników kołowych

Silnik ciągnika różni się od silnika samochodu głównie sztywniejszą konstrukcją kadłuba. Kadłub stanowi bowiem część składową układu nośnego ciągnika. W ciągnikach rolniczych stosuje się z reguły silniki z zapłonem samoczynnym, wielocylindrowe, o liczbie cylindrów 2 ÷ 6.

Układ nośny. Ciągniki rolnicze kołowe mają na ogół konstrukcję bezramową. Sztywny układ nośny (rys. 5.8) tworzą obudowy sprzęgła 1, skrzyni biegów 2 i tylnego mostu 3, połączone ze sobą bezpośrednio. Przednią część układu nośnego stanowi silnik 4.

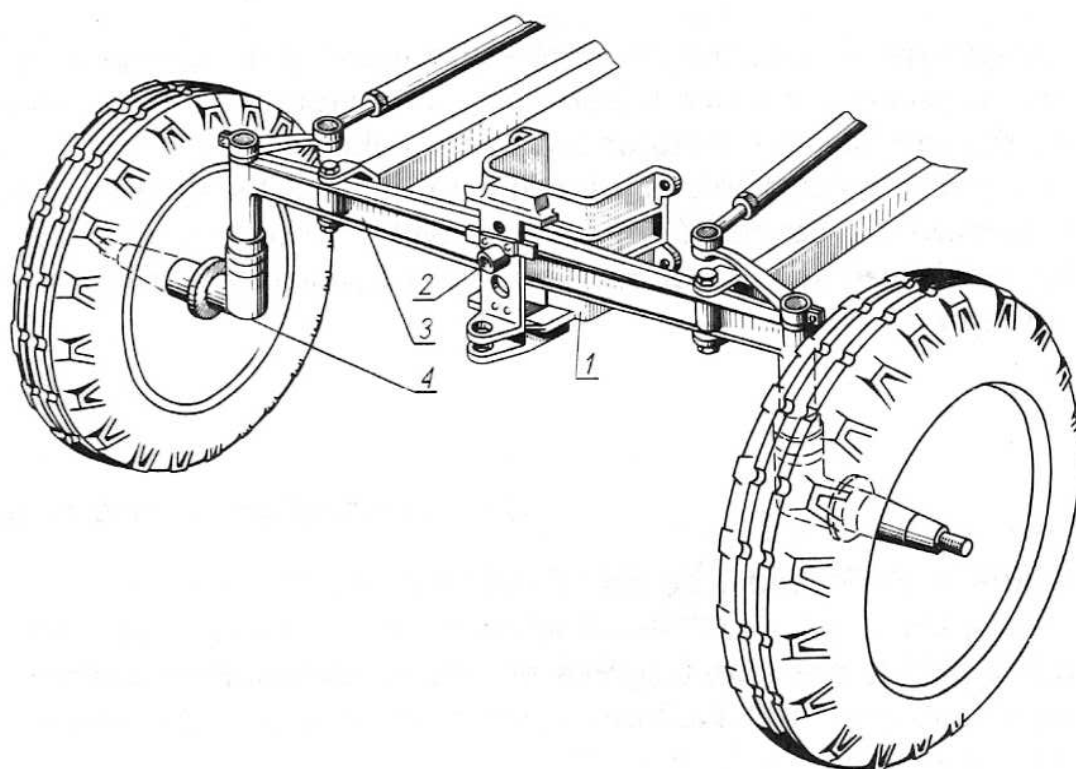


Rys. 5.8

Mechanizmy napędowe ciągnika tworzące układ nośny

1 — obudowa sprzęgła, 2 — obudowa skrzyni biegów, 3 — obudowa tylnego mostu, 4 — silnik

Resorowanie. W ciągnikach kołowych na ogół nie stosuje się resorowania. Nie jest ono konieczne ze względu na niewielką prędkość, z jaką porusza się ciągnik. Ogumienie tylnych kół ciągnika ma znaczną średnicę i duży przekrój poprzeczny opony. Ugina się ono dostatecznie, aby zamortyzować wstrząs podczas



Rys. 5.9

Przegubowe zamocowanie belki osi przedniej

1 — wspornik, 2 — sworznień, 3 — belka osi przedniej, 4 — zwrotnica

najeżdżania na nierówność drogi. Ogumienie spełnia więc częściowo zadania resorowania ciągnika.

Belka osi przedniej jest zamocowana na przedniej części silnika przegubowo, w środku swej długości (rys. 5.9). Umożliwia to jej znaczne kątowe wychylenie względem osi tylnej, w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ruchu ciągnika. Dzięki takiej konstrukcji ciągnik może się bez trudu poruszać po nierównym terenie. Belka osi przedniej jest zakończona zwrotnicami.

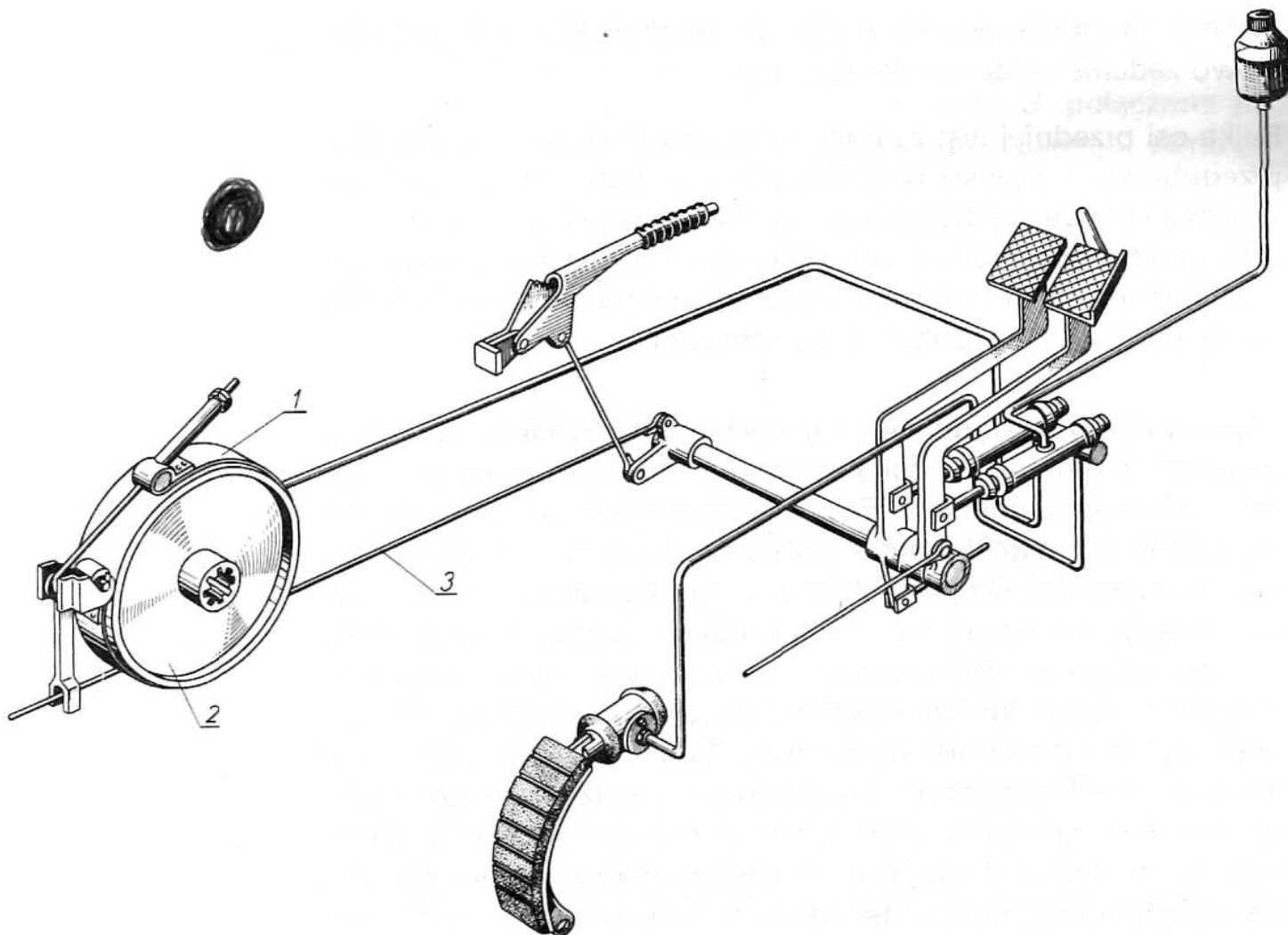
Mechanizmy napędowe — tj. sprzęgło, skrzynia biegów oraz przekładnia główna z mechanizmem różnicowym — działają tak samo jak w samochodach. Budowa mechanizmów napędowych ciągników jest jednak bardziej złożona, dostosowana do zadań, jakie ma spełniać ciągnik rolniczy. Ciągnik powinien mieć dużą siłę uciągu, natomiast niewielką prędkość jazdy. Powoduje to występowanie w mechanizmach napędowych dużych momentów obrotowych, którym mechanizmy te muszą sprostać; muszą więc być odpowiednio wytrzymałe. Konieczność zapewnienia napędu współpracującym z ciągnikiem urządzeniom rolniczym także stawia specjalne wymagania konstrukcji ciągnika. Duże średnice tylnych kół ciągnika, niezbędne podczas pracy na roli, powodują konieczność stosowania dużych przełożeń w skrzyni biegów i w przekładni głównej.

Układ kierowniczy działa podobnie jak w samochodzie, chociaż jego konstrukcja jest niekiedy odmienna, uwzględniająca specyfikę budowy ciągnika. W ciągniku miejsce kierowcy jest bardziej niż w samochodzie odległe od przedniej osi, toteż trudniejsze jest sprzężenie koła kierownicy z kołami kierowanymi.

Układ hamulcowy działa jedynie na koła tylne. Stosuje się *hamulce bębnowe* lub *tarczowe*. Jako hamulce ręczne stosuje się hamulce taśmowe (rys. 5.10). Taśma 1 od strony wewnętrznej jest pokryta materiałem ciernym. Opasuje ona bęben hamulcowy 2 zamocowany na półosi napędowej. Ruch cięgna 3 powoduje zaciśnięcie taśmy na bębnie uruchamiając hamulec. W omawianym rozwiązaniu zastosowano jednoszczękowy, bębnowy hamulec zasadniczy.

Hamulce mogą być sterowane mechanicznie, pneumatycznie lub hydraulicznie.

W ciągnikach przystosowanych do współpracy z przyczepami wyposażonymi w układ hamulcowy sterowany pneumatycznie stosuje się pomocniczy układ pneumatyczny.



Rys. 5.10

Układy hamulców —
zasadniczego i pomoc-
niczego — ciągnika
Ursus C-4011
1 — taśma, 2 — bęben
hamulcowy, 3 — ciągnio

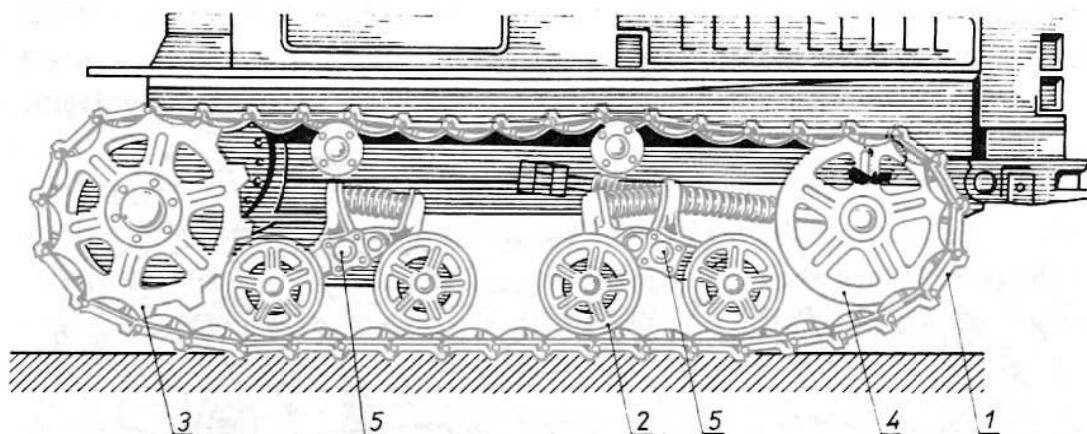
Nadwozie ciągnika jest niezbyt złożone i zazwyczaj składa się z pokrywy silnika, błotników i kabiny kierowcy, zdejmowanej w razie potrzeby. Wyposażenie ciągnika jest ograniczone jedynie do urządzeń najniezbędniejszych (reflektory, lampy pozycyjne i stop, wskaźniki itp.).

5.4.3

Cechy konstrukcyjne ciągników gąsienicowych

Ciągnik gąsienicowy (rys. 5.11) porusza się na gąsienicach 1, które stanowią bieżnię dla zestawu kół podporowych 2 toczących się po nich. Koła gwiazdowe napędzające 3 przekazują napęd na gąsienice, natomiast koła gwiazdowe napinające 4 utrzymują właściwe napięcie gąsienic. Koła podporowe są połączone z elementem nośnym ciągnika za pośrednictwem układu wahaczy 5. Taka budowa umożliwia kołom podporowym zmianę położenia podczas przejeżdżania przez nierówności, czyli zapewnia gąsienicom przyleganie do gruntu.

Gąsienice przylegają do gruntu na znacznej powierzchni. Rozłożenie ciężaru ciągnika na dużej powierzchni sprawia, że naciski



Rys. 5.11
 Układ jezdny ciągnika
 gąsienicowego
 1 — gąsienica, 2 — koła
 podporowe, 3 — koła
 gwiazdowe napędzające,
 4 — koła gwiazdowe napi-
 nające, 5 — wahacze

przypadające na jednostkę powierzchni są niewielkie. Dlatego ciągnik gąsienicowy może swobodnie poruszać się nawet po grząskich, gliniastych terenach. Wyposażenie powierzchni zewnętrznej gąsienic w występy znacznie zwiększa ich przyczepność do gruntu; można dzięki temu uzyskać dużą siłę uciągu. Ciągników gąsienicowych nie można stosować do transportu po drogach utwardzonych, gdyż gąsienice niszczą nawierzchnię. Stanowi to ich wadę w porównaniu z ciągnikami kołowymi.

Elementem nośnym, łączącym w całość wszystkie zespoły i mechanizmy ciągnika gąsienicowego, jest rama. Dzięki zastosowaniu ramy mechanizmy napędowe nie muszą mieć tak sztywnej konstrukcji, jak to ma miejsce w ciągnikach kołowych.

Kierowanie ciągnikiem gąsienicowym polega na hamowaniu jednej z gąsienic. Ciągnik skręca w stronę gąsienicy hamowanej.

W odróżnieniu od ciągników kołowych, ciągniki gąsienicowe najczęściej nie mają mechanizmu różnicowego. Natomiast są wyposażone w dwa wielotarczowe sprzęgła boczne, które służą do przekazywania napędu oddzielnie na lewe i prawe koła napędowe.

5.5 Motocykle

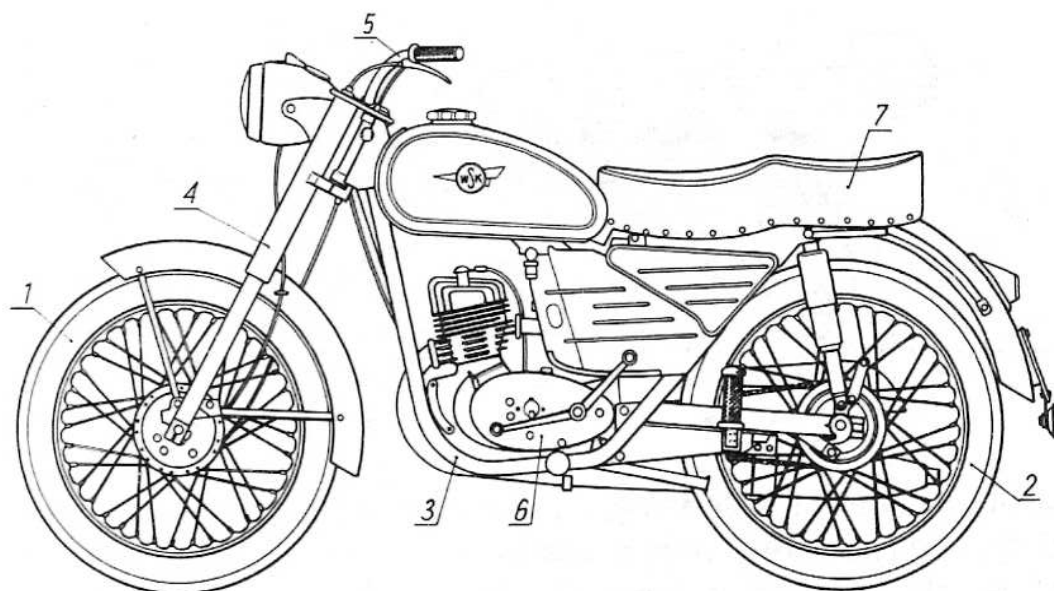
5.5.1 Ogólny układ konstrukcyjny

Układ konstrukcyjny najprostszego motocykla przedstawia rys. 5.12. Koło przednie 1 i koło tylne 2 są połączone ramą 3. Koło przednie jest połączone z ramą za pośrednictwem widelca 4. Widelec jest umocowany w ramie obrotowo, co umożliwia zwracanie przedniego koła, czyli kierowanie motocyklem. Silnik 6 jest umieszczony w ramie między kołami. Na wierzchu ramy jest umocowane siodło 7.

Rys. 5.12

Ogólny układ konstrukcyjny motocykla

1 — koło przednie, 2 — koło tylne, 3 — rama, 4 — widelec przedni, 5 — kierownica, 6 — silnik, 7 — siodło



Sterowanie mechanizmami motocykla odbywa się inaczej niż w samochodzie. W motocyklu sprzęgło włącza się za pomocą dźwigni zamocowanej na kierownicy 5 i uruchamianej lewą ręką kierowcy. Przyspieszenie uzyskuje się przez pokręcenie uchwyty kierownicy obejmowanego przez kierowcę prawą ręką. Dźwignia umieszczona po prawej stronie kierownicy (sterowana prawą ręką kierowcy) uruchamia hamulce przedniego koła. Kierowca jedną z nóg uruchamia hamulec tylnego koła, natomiast drugą nogą steruje dźwignią zmiany biegów.

Spotyka się niekiedy motocykle wyposażone w wózek boczny, mieszczący dodatkowego pasażera. Wózek boczny stanowi oddzielny element motocykla, który można z nim łączyć lub zdejmować, zależnie od potrzeby.

5.5.2

Podwozia motocykli

W skład podwozia motocykla wchodzi zespół, które można spotkać w samochodach, lecz ich konstrukcja jest odmienna.

Skrzynka biegów jest z reguły umieszczona w kadłubie stanowiącym jedną całość z obudową wału korbowego silnika. Wnętrze skrzynki biegów jest jednak oddzielone od skrzyni korbowej silnika.

W motocyklach stosuje się zwykle (sterowane przez kierowcę) skrzynki biegów z przesuwными kołami zębatymi. Zazwyczaj skrzynki takie nie są synchronizowane. Przełożenia są zmieniane w wyniku ruchu dźwigni zmiany biegów w jednej płaszczyźnie. Na przykład ruch dźwigni zmiany biegów ku górze powoduje włączenie pierwszego biegu. Następne ruchy dźwigni ku dołowi włączają kolejno biegi: drugi, trzeci itd. Zmiana biegu na niższy

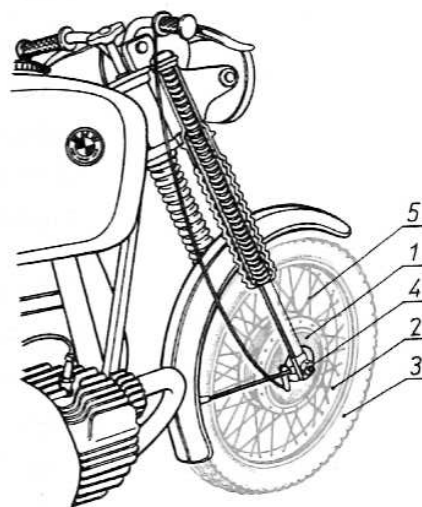
odbywa się pod wpływem ruchu dźwigni sterującej w odwrotnym kierunku. Położenie biegu jałowego zwykle znajduje się między biegami pierwszym i drugim.

Sprzęgło znajduje się również w tej samej obudowie co skrzynka biegów i jest umieszczone na wałku sprzęgłowym. W motocyklach stosuje się sprzęgła wielotarczowe, suche lub mokre. Napęd z wału korbowego silnika do sprzęgła jest przenoszony przez krótki łańcuch sprzęgłowy lub przez parę kół zębatach.

W niektórych nowoczesnych motocyklach jest stosowane dodatkowe urządzenie, rozłączające sprzęgło przy ruchu dźwigni zmiany biegów, bez konieczności dodatkowego operowania sprzęgłem.

Łańcuch napędowy przenosi moment obrotowy od skrzynki biegów na tylne koła. Niewielkie koło łańcuchowe umieszczone na zdawczym wałku skrzynki biegów napędza łańcuch, który z kolei przekazuje napęd na kilkakrotnie większe koło zębate piasty koła tylnego. Zastosowanie kół zębatach o różnych liczbach zębów spełnia w motocyklu podobne zadanie, jakie w samochodzie spełnia przekładnia główna.

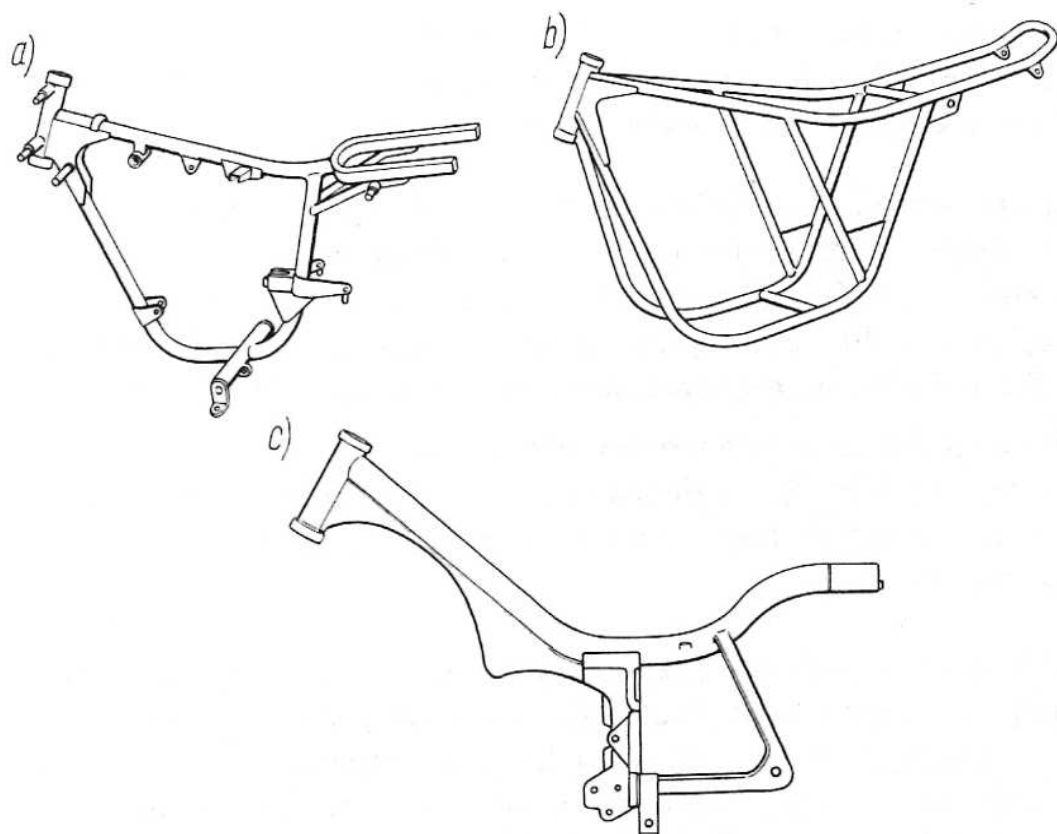
Koło (rys. 5.13) motocykla składa się z piasty 1, obręczy 2 i ogumienia 3. Piasta jest osadzona — za pośrednictwem łożysk tocznych — na osi koła 4. Obręcz jest połączona z piastą za pomocą szprych 5. Są to druty stalowe odpowiednio ułożone i napięte. W nowoczesnych motocyklach stosuje się jednolite tarcze kół, zazwyczaj odlewane ze stopów lekkich. Taki odlew stanowi zarazem piastę i obręcz, które są połączone odpowiednio ukształtowanymi elementami zastępującymi szprychy.



Rama (rys. 5.14) jest wykonana z kształtowników lub rur stalowych. W jej środkowej części jest pozostawione miejsce na silnik. Przód ramy jest zakończony główką, w której jest obrotowo mocowany widelec przedni. Z tyłu ramy zazwyczaj jest przytwierdzony wahacz tylny, stanowiący element zawieszenia motocykla.

Zawieszenie tylnego koła jest zwykle zbudowane następująco. Oś tylnego koła jest sztywno umocowana w wahaczu tylnym, który drugim końcem jest przytwierdzony do ramy. Położenie wahacza jest zbliżone do poziomu, jednak może on wykonywać ruchy wahadłowe w płaszczyźnie pionowej, wokół osi mocowania go do ramy. Między wahaczem a tylną częścią ramy, po obu

Rys. 5.13
Koło motocykla
1 — piasta, 2 — obręcz,
3 — ogumienie, 4 — oś
koła, 5 — szprychy



Rys. 5.14

Rama motocykla: *a)* jednorurowa zamknięta, *b)* dwururowa zamknięta, *c)* podwójna rurowa otwarta

stronach koła, są umieszczone elementy resorujące. Elementy te, zwane popularnie teleskopami, zawierają sprężyny śrubowe oraz amortyzatory hydrauliczne.

W zawieszeniu przedniego koła stosuje się elementy resorujące podobne do stosowanych w kołach tylnych. Elementy te (teleskopy) są wbudowane w widelec przedni. W niektórych konstrukcjach w zawieszeniu przedniego koła także stosuje się układ wahaczy z teleskopami.

Układ hamulcowy składa się z dwóch układów niezależnie działających i niezależnie uruchamianych, z których każdy działa na jedno koło motocykla. Są to hamulce bębnowe uruchamiane mechanicznie lub — coraz powszechniej stosowane — hydrauliczne hamulce tarczowe.

Zbiornik paliwa jest z reguły umieszczony między kierownicą a kierowcą. Jest on odpowiednio ukształtowany w celu zapewnienia kierowcy wygodnej pozycji. Zbiornik jest więc umieszczony nad silnikiem, co umożliwia spływ paliwa do gaźnika pod własnym ciśnieniem.

Nadwozie motocykla stanowią zasadniczo błotniki przedni i tylny oraz siedzenie kanapowe dla kierowcy i pasażera. Niekiedy motocykle są wyposażone w osłony. Osłona taka zabezpiecza przed wiatrem nogi i tułów kierowcy; jej górna część jest oczywiście przezroczysta, umożliwiającą widoczność. Właściwie ukształtowana osłona zmniejsza opór aerodynamiczny.

5.5.3 Silniki motocyklowe

Silniki motocyklowe są zblokowane ze skrzynkami biegów. Dzięki temu zestaw silnik-skrzynka biegów-sprzęgło stanowi zwarłą jednostkę napędową, łatwą do wbudowania w ramę motocykla.

W motocyklach stosuje się zarówno silniki dwusuwowe, jak czterosuwowe. Zazwyczaj silniki dwusuwowe, mniej skomplikowane niż silniki czterosuwowe, stosuje się w tanich motocyklach popularnych. Silniki dwusuwowe do napędu motocykli mają pojemność skokową $50 \div 250 \text{ cm}^3$. Są to na ogół silniki jedno- lub dwucylindrowe.

Silniki czterosuwowe zwykle są stosowane w motocyklach cięższych, droższych, bardziej luksusowych, chociaż można je także niekiedy spotkać w motocyklach małych. Stosuje się silniki o liczbie cylindrów od jednego do czterech, w rozmaitych układach — rzędowe (wzdłużne i poprzeczne), widlaste, przeciwsoobne.



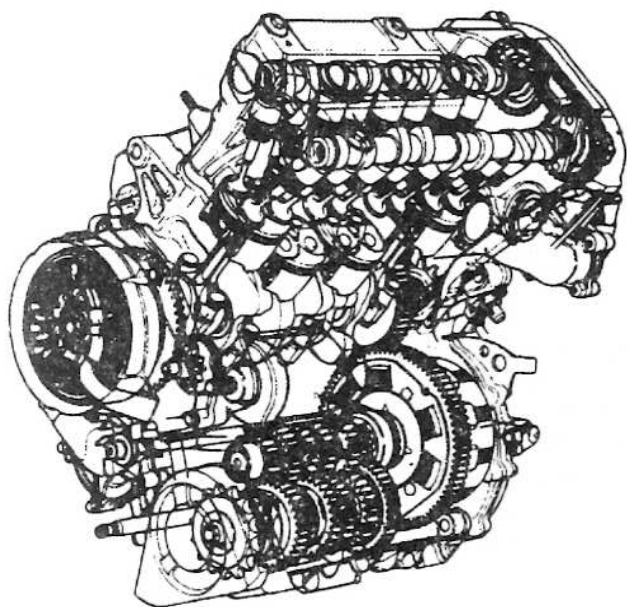
Do niedawna większość silników motocyklowych była chłodzona powietrzem opływającym je podczas ruchu pojazdu. Ostatnio coraz częściej pojawiają się motocykle z silnikami chłodzonymi cieczą. Coraz częściej także stosuje się w motocyklach rozruszniki elektryczne. Zastępują one używane dotychczas nieskomplikowane urządzenia do nożnego uruchamiania silnika.

Poszczególne zespoły i elementy silników motocyklowych nie różnią się zasadniczo od stosowanych w silnikach samochodowych.

5.5.4 Nowe rozwiązania motocykli

Powyższe krótkie omówienie budowy podstawowych zespołów motocykla dotyczy przemijającej już generacji tych pojazdów, które jednak przez wiele jeszcze lat będziemy spotykać na naszych drogach. Opisom tym wciąż będą jeszcze odpowiadać współczesne nieduże motocykle, używane przeważnie w ruchu lokalnym, napędzane silnikami o niewielkiej pojemności skokowej, przeważnie dwusuwowymi. I choć nowe rozwiązania techniczne coraz częściej znajdują w nich zastosowanie, ich wprowadzanie jest ograniczone koniecznością utrzymywania niskiej ceny popularnych motocykli.

Inaczej przedstawia się sytuacja w grupie dużych (i drogich) motocykli, przeznaczonych do jazdy po szosach na długich



Rys. 5.15

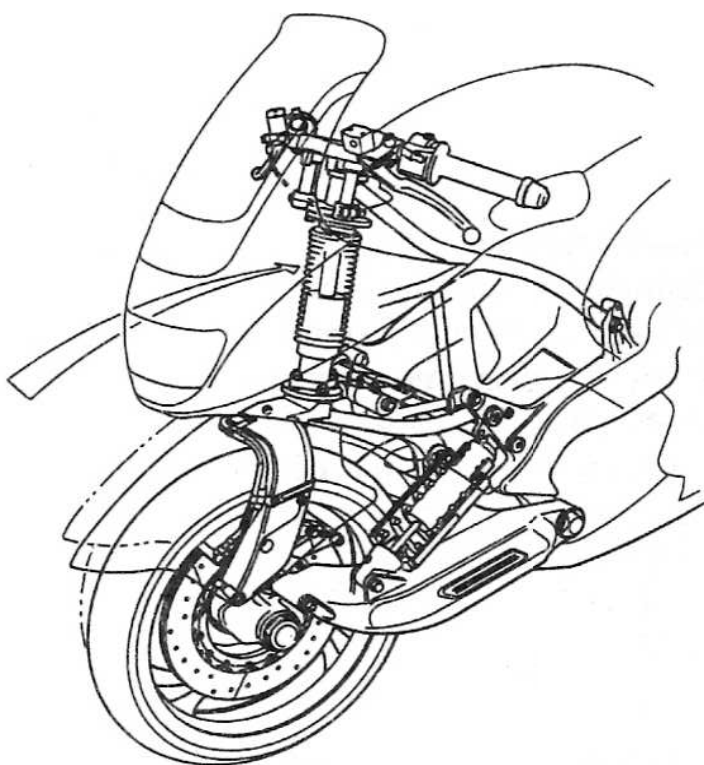
Czterocylindrowy, czterostopowy silnik motocyklowy ze skrzynką biegów, ustawiony w motocyklu poprzecznie (Honda). Zespoły i elementy silnika nie różnią się od stosowanych w silnikach samochodowych [18]

dystansach. W pojazdach tych wszelkie nowości natychmiast znajdują zastosowanie, dlatego stają się one coraz bardziej skomplikowane i coraz droższe. Cena nowoczesnego motocykla niewiele odbiega od ceny samochodu osobowego.

Motocykle takie z reguły są wyposażone w silniki wielocylindrowe, chłodzone cieczą, zwykle zblokowane z wielobiegowymi skrzynkami biegów (rys. 5.15). Są one wbudowane w ramy, wykonane ze stopów lekkich, o nietradycyjnych kształtach. Odlewane ze stopów lekkich tarcze kół wraz z obręczami współpracują z oponami niewiele mniejszymi niż samocho-

dowe. Koła przednie i tylne są zawieszone na jednostronnych wahaczach (o złożonej kinematyce ruchu) i sprężynowych elementach resorujących z amortyzatorami (rys. 5.16). Motocykle wyposaża się w hamulce tarczowe uruchamiane hydraulicznie, niekiedy o dwóch tarczach hamulcowych na każdym kole. Potężne i skuteczne tłumiki w układzie wylotowym silnika są coraz częściej uzupełniane dopalaczami katalitycznymi oraz sondami lambda, dzięki czemu pojazdy te spełniają wymagania dotyczące czystości spalin.

Nowoczesny motocykl jest wyposażony w rozbudowany system osłon i owiewek o aerodynamicznych kształtach. Również dodatkowe wyposażenie takiego motocykla jest o wiele bogatsze niż przed laty.



Rys. 5.16

Zawieszenie przedniego koła o skomplikowanym układzie wahaczy w dużym motocyklu szosowym (Yamaha) [18]

Część II

WYBRANE ZAGADNIENIA Z EKSPLOATACJI, OBSŁUGI I NAPRAWY POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

6

Uwagi dotyczące eksploatacji

6.1

Podstawowe dokumenty pojazdu

Podstawowym dokumentem pojazdu jest *dowód rejestracyjny*. Stanowi on, łącznie z tablicami rejestracyjnymi, dokument świadczący o dopuszczeniu pojazdu do ruchu na drogach publicznych. W dowodzie rejestracyjnym są wymienione podstawowe dane pojazdu i adres osoby (instytucji), na którą pojazd jest zarejestrowany. Dowód zawiera ponadto potwierdzenie wykonania okresowego badania technicznego pojazdu.

Niezbędnymi uzupełnieniami dowodu rejestracyjnego są: potwierdzenie uiszczenia opłaty rejestracyjnej za bieżący rok oraz dowód opłacenia obowiązkowego ubezpieczenia pojazdu.

Zakłady transportowe mogą stosować karty drogowe. *Karta drogowa* to dokument zawierający bieżący zapis zadań kierowcy w danym dniu, potwierdzenia ich wykonania oraz wszelkie inne dane dotyczące przebiegu i eksploatacji pojazdu. Słowem, karta drogowa stanowi obraz pracy samochodu w danym dniu.

Karta drogowa może być również wystawiona na okres wielodniowy. Zarówno treść, jak i układ graficzny karty są dostosowane do zadań pojazdu. Szczegółowe zasady wypełniania kart drogowych i kontroli dokonywanych w nich zapisów są określone w instrukcjach obowiązujących w danym przedsiębiorstwie.

Niezależnie od dowodu rejestracyjnego i (ewentualnie) karty drogowej, kierowca samochodu ciężarowego powinien mieć dokumenty dotyczące przewożonego ładunku.

6.2

Zużycie paliw, olejów i smarów

Względy ekonomiczne wymagają, żeby każde przedsiębiorstwo transportowe prowadziło właściwą gospodarkę paliwami i olejami. Służą temu, między innymi, normy zużycia tych materiałów, określone dla warunków typowej eksploatacji technicznie sprawnego pojazdu. Porównywanie rzeczywistego zużycia materiałów pędnych do ustalonych norm umożliwia ocenę prawidłowości sposobu eksploatacji pojazdu oraz — w przypadku przekroczenia normy — sygnalizuje konieczność wykonania czynności obsługowych lub naprawczych. Normy zużycia paliwa umożliwiają również ilościową gospodarkę materiałami pędnymi w skali całego przedsiębiorstwa.

6.3

Magazynowanie paliwa

Magazynowanie paliwa powinno odbywać się w warunkach zapewniających bezpieczeństwo oraz jak najmniejsze straty ilości i jakości paliwa. Magazyn paliw musi odpowiadać stosownym przepisom przeciwpożarowym. Naczynia do przechowywania paliw muszą być szczelne. Szczelne muszą być także zbiorniki podziemne, w których magazynuje się paliwa w dużych ilościach oraz urządzenia pompujące i odmierzające (dystrybutory). Zapewniona być musi także odpowiednia wentylacja pomieszczeń magazynowych. Konieczne jest zapewnienie właściwej czystości wszelkich naczyń, których wlewy powinny być wyposażone w gęste siatki filtrujące. W pomieszczeniach magazynowych należy unikać wzniesienia kurzu. Ostrożności wymaga obchodzenie się z benzyną z dodatkiem czteroetylnu ołowiu (popularnie zwaną etyliną). Działanie bowiem etyliny na skórę człowieka jest szkodliwe.

6.4

Wpływ sposobu eksploatacji na zużycie paliwa

Na wielkość zużycia paliwa istotny wpływ mają trzy zasadnicze czynniki:

- stan techniczny pojazdu,
- warunki eksploatacji,
- sposób prowadzenia pojazdu.

W zwiększonym zużyciu paliwa przez pojazd o niewłaściwym stanie technicznym udział mają: stan techniczny silnika oraz stan techniczny pozostałych zespołów i mechanizmów pojazdu. Niewłaściwy stan techniczny silnika wynika z nadmiernego zużycia jego mechanizmów lub z wadliwej regulacji jego zespołów. To powoduje obniżenie sprawności silnika w stosunku do sprawności silnika pełnosprawnego, czyli sprawia, że dla wykonania określonej pracy jest wymagane dostarczenie zwiększonej ilości paliwa. Innymi słowy, pogarsza się sprawność wykorzystywania energii zawartej w paliwie do wykonywania pracy. Zły stan techniczny innych zespołów i mechanizmów pojazdu uwidocznia się w zwiększonych oporach ruchu tych mechanizmów. Pokonywanie tych oporów pochłania część pracy użytecznej odbieranej od silnika. I w tym przypadku zwiększone opory ruchu mogą być wynikiem nadmiernego zużycia elementów lub ich wadliwej regulacji.

Utrzymywanie właściwego stanu technicznego całego pojazdu jest podstawowym warunkiem, który musi być spełniony, by zużycie paliwa było jak najmniejsze. Należy przy tym przestrzec przed próbami ograniczeń w dostarczaniu paliwa do silnika przez wymianę np. dysz paliwa w gaźniku na dysze o mniejszej przepustowości. Działanie takie, choć doraźnie może nieco zmniejszyć zużycie paliwa, wywołuje z reguły nieprawidłowy przebieg procesu spalania, co z kolei powoduje nadmierne obciążenie cieplne i mechaniczne elementów silnika prowadząc do ich szybkiego zużycia, a nawet zniszczenia.

Warunki eksploatacji mogą być zależne lub niezależne od kierowcy. Od kierowcy zależy przede wszystkim: wielkość obciążenia pojazdu oraz sposób jego załadowania. Każde przeciążenie pojazdu oraz takie jego załadowanie, które zwiększa powierzchnię czołową, powoduje zwiększenie zużycia paliwa, niekiedy bardzo znaczne. Niezależne od kierowcy są warunki jazdy. Podczas jazdy po drogach o nierównej nawierzchni, wyboistych, grząskich itp., słowem po drogach, na których opór toczenia się pojazdu jest zwiększony, pojazd zużywa więcej paliwa.

Kierowca może wpływać na wielkość zużycia paliwa przez pojazd stosując odpowiedni sposób jazdy. Intensywne przyspieszanie, dłuższa praca silnika na niższych biegach, gdy nie jest to konieczne, częste rozpędzanie i hamowanie pojazdu, przekraczanie ekonomicznej (innej dla każdego pojazdu) prędkości jazdy itp. nie sprzyjają oszczędności paliwa. Natomiast spokojne prowadzenie pojazdu, z umiarkowaną prędkością, płynne pokonywanie przeszkód na drodze, rozsądne operowanie skrzynią biegów, wyłączanie silnika na postojach itp. to sposoby jazdy

umożliwiające znaczne oszczędności paliwa. Różnice w zużyciu paliwa przez takie same pojazdy kierowane przez innych kierowców w takich samych warunkach drogowych mogą sięgać kilkudziesięciu procent.

6.5

Zasady oszczędnej eksploatacji ogumienia

Przebieg opon jest podawany w kilometrach przebiegu pojazdu, którego ogumienie one stanowią. Jest oczywiste, że należy dążyć do jak najdłuższego przebiegu opon, tj. do uzyskania jak największego przebiegu ogumionego tymi oponami pojazdu do chwili, w której wysokość bieżnika staje się zbyt mała. Przebieg ten zależy od jakości opon oraz od sposobu ich eksploatacji.

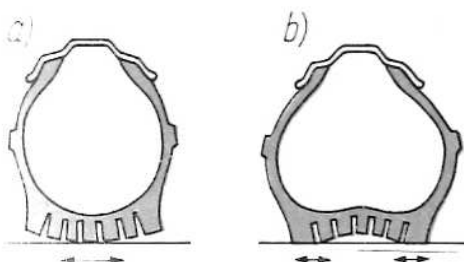
W celu uzyskania znacznych przebiegów opon należy:

- wykonywać montaż kół oraz przeglądy opon i zabiegi konserwacyjne zgodnie ze sposobem i terminami podawanymi w instrukcjach,
- utrzymywać właściwe ciśnienie w ogumieniu,
- utrzymywać właściwy stan techniczny zespołów jezdnych pojazdu,
- eksploatować pojazd w sposób właściwy,
- chronić ogumienie przed działaniem czynników chemicznych oraz przed światłem słonecznym.

Podstawową czynnością obsługi ogumienia jest codzienny, zewnętrzny przegląd opon wraz z usunięciem z bieżnika (i spomiędzy kół bliźniaczych) wszelkich ciał obcych, mogących uszkodzić oponę lub stanowić zagrożenie dla otoczenia (wyrzucenie kamienia). Dokładny przegląd umożliwia również dostrzeżenie wszelkich istotnych mechanicznych uszkodzeń opony, co zapobiega jej dalszej eksploatacji w tym stanie. Przegląd taki umożliwia również dostrzeżenie ubytku ciężarków wyrównowazających i skierowanie koła do ponownego wyrównowazania.

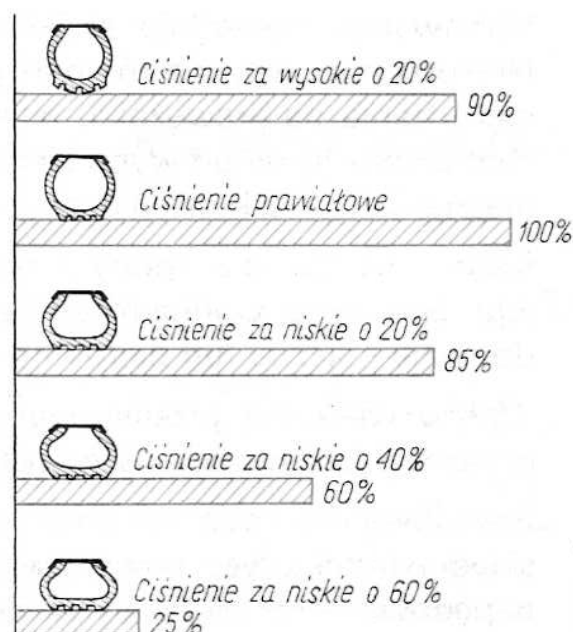
Rys. 6.1

Wpływ ciśnienia w ogumieniu na zużycie bieżnika: a) ciśnienie nadmierne, b) ciśnienie za małe [10]



Inną czynność obsługową stanowi okresowa zamiana opon w sposób podany w instrukcji obsługi pojazdu, mająca na celu zachowanie równomiernego zużywania się bieżników. Podkreślić należy, że zamieniać trzeba opony, a nie całe koła. Dla niektórych typów pojazdów zamiany takie nie są w ogóle przewidywane w instrukcji obsługi i nie muszą być wykonywane.

Bardzo ważne jest utrzymywanie właściwego ciśnienia w ogumieniu (rys. 6.1). Ciśnienie nadmierne powoduje zużycie środkowej części bieżnika, ciśnienie zbyt małe — zużycie jego części bocznych. Ponadto za małe ciśnienie

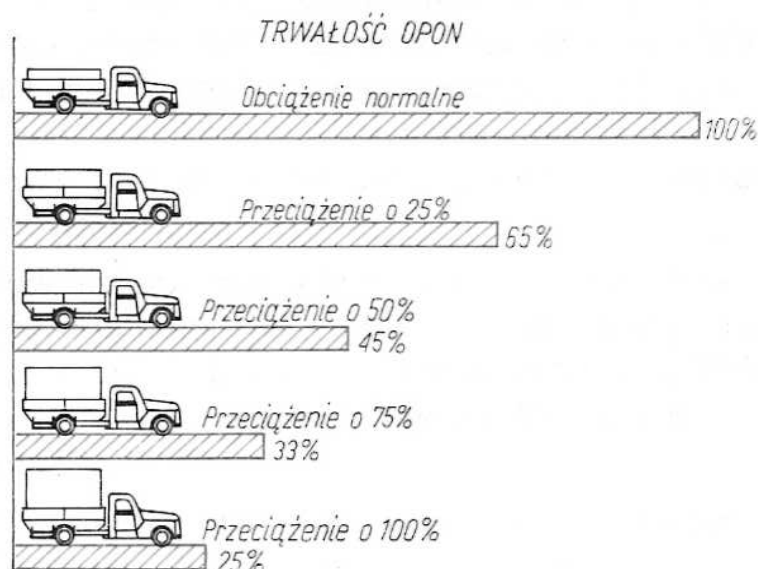


Rys. 6.2
Wpływ ciśnienia w ogumieniu na trwałość opon

może doprowadzić do popękania włókien wewnętrznej osnowy. Wpływ ciśnienia w ogumieniu na trwałość opony jest przedstawiony na rys. 6.2.

Ciśnienie w ogumieniu należy zawsze mierzyć w normalnej temperaturze, nie zwiększonej nasłonecznieniem lub długotrwałą jazdą. Na trwałość opon zasadniczy wpływ ma sposób ustawiania kół pojazdu. Prawidłowy sposób ustawienia kół jest podany w instrukcji obsługi pojazdu. Każda nieprawidłowość ustawienia kół powoduje zwiększone tarcie opon o jezdnię, a przez to nadmierne zużycie ich bieżników.

Równie istotny wpływ na trwałość opon ma sposób eksploatacji pojazdu wyrażający się zarówno w sposobie prowadzenia pojazdu, jak i w sposobie jego ładowania. Każda jazda wywołująca nawet chwilowe poślizgi opon po jezdni, na przykład podczas nazbyt szybkiego pokonywania zakrętów lub zbyt intensywnego



Rys. 6.3
Wpływ przeciążenia pojazdu na trwałość opon

hamowania, powoduje zwiększone zużycie bieżników opon. Niekorzystnie wpływa również jazda nieostrożna, niedbała, tzn. najeżdżanie na krawężniki, przedmioty o ostrych krawędziach, zbyt szybka jazda po wyboistej drodze itp. Jazda taka powoduje mechaniczne uszkodzenia opon prowadząc do ich zniszczenia.

Każde przeciążenie opony skraca jej przebieg bez względu na jego przyczynę. Opona może być przeciążona z powodu przeładowania pojazdu lub nierównomiernego rozłożenia ładunku.

Wpływ wielkości przeciążenia pojazdu na trwałość opon jest obrazowo przedstawiony na rys. 6.3.

Szkodliwe dla opon są różne substancje chemiczne, jak kwasy, składniki niektórych nawozów sztucznych, a także smary, oleje napędowe, a nawet benzyna. Substancje te wpływają rozkładając na gumę. W razie zetknięcia się opony z takimi substancjami konieczne jest ich szybkie usunięcie mechaniczne lub zmycie. Niekorzystnie na trwałość gumy wpływa również światło słoneczne, chociaż oddziaływanie to jest stosunkowo powolne. Unikać jednak należy parkowania pojazdów przez dłuższy czas na słońcu. Wielokrotne silne nasłonecznienie opon podczas postoju zawsze przyczynia się do skrócenia przebiegu ogumienia.

Podstawowa diagnostyka samochodu

7.1

Wprowadzenie

Diagnostyką nazywa się określanie stanu technicznego pojazdów bez rozbierania ich zespołów. Do wykonywania badań diagnostycznych służy aparatura diagnostyczna. Stanowią ją różne przyrządy i urządzenia diagnostyczne. Wśród nich są zarówno przyrządy nieskomplikowane, podręczne, jak i skomplikowane urządzenia mechaniczne, optyczne lub elektroniczne. Rozwój diagnostyki sprawił, że coraz bardziej zaciera się granica między metodami diagnostycznymi a metodami stosowanymi podczas obsługi pojazdów. Metody i urządzenia diagnostyczne są często stosowane w ramach obsługi okresowych. Znaczna liczba istniejących metod i urządzeń diagnostycznych uniemożliwia ich opis w niniejszym podręczniku, toteż poniżej są krótko scharakteryzowane jedynie metody i urządzenia najpowszechniej stosowane w krajowych stacjach obsługi samochodów.

7.2

Badania diagnostyczne silnika

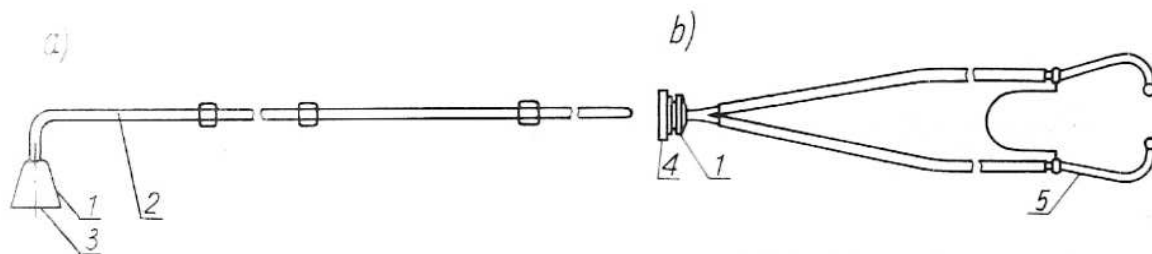
7.2.1

Wstępna ocena pracy silnika

Wstępna ocena pracy silnika w pierwszym etapie polega na oględzinach zewnętrznych, sprawdzeniu poziomu i oszacowaniu jakości cieczy technicznych (olej, ciecz chłodząca, płyn hamulcowy), wzrokowym i dotykowym sprawdzeniu dostępnych z zewnątrz mechanizmów (sterowania gaźnikiem, łożysk pompy cieczy, zamocowania osprzętu itp.) oraz na ocenie kompletności osprzętu. Na podstawie wyników tych czynności można uzyskać pierwsze wnioski na temat stanu technicznego silnika i zlokalizować niektóre niesprawności.

Następną czynnością jest sprawdzenie działania silnika po uruchomieniu. Łatwość uruchomienia, równomierność pracy oraz charakter zmiany prędkości obrotowej przy zmianie położenia przepustnicy gaźnika mogą dostarczyć wielu informacji o nieprawidłowościach pracy silnika.

Końcowym etapem wstępnej oceny pracy silnika jest jego osłuchanie bez użycia przyrządów lub za pomocą przyrządu, zwane-



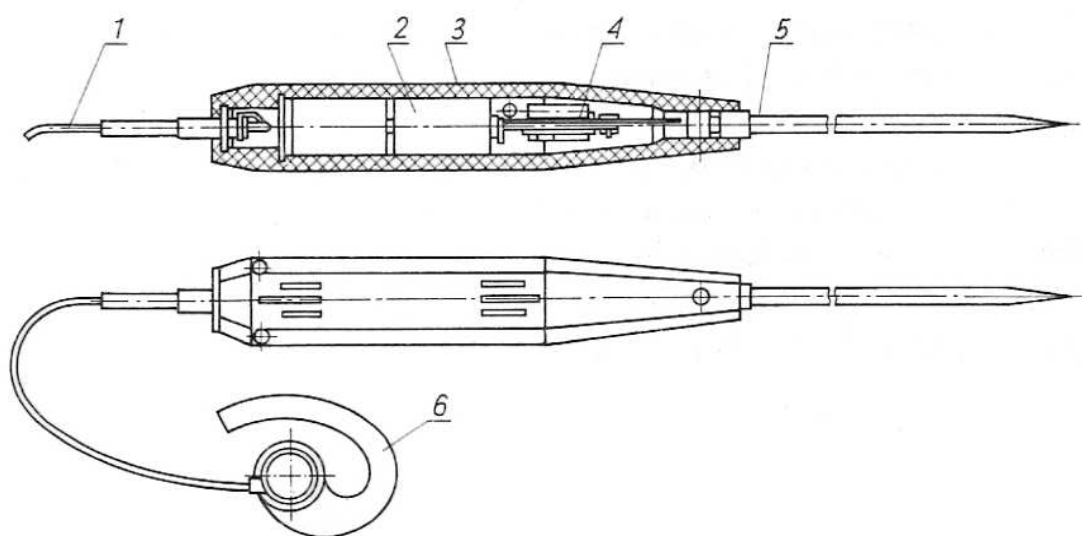
Rys. 7.1

Stetoskopy akustyczne: a) prętowy, b) słuchawkowo-komorowy [13]

1 — puszka rezonansowa, 2 — pręt, 3 — membrana, 4 — pierścień gumowy, 5 — słuchawki

go stetoskopem (rys. 7.1). Metodą tą można wykryć niesprawności wywołujące charakterystyczne dźwięki, wyraźnie dające się wyodrębnić z hałasu towarzyszącego normalnej pracy silnika.

Działanie stetoskopu polega na przenoszeniu fal akustycznych przez pręt lub rurkę metalową od miejsca osłuchiwanego do ucha osoby osłuchującej. Pręt taki jest zakończony puszką rezonansową wzmacniającą dźwięki. Stosuje się także słuchawki



Rys. 7.2

Stetoskop elektroniczny [13]

1 — przewód, 2 — baterie zasilające, 3 — obudowa, 4 — przetwornik piezoelektryczny, 5 — trzpień, 6 — słuchawka

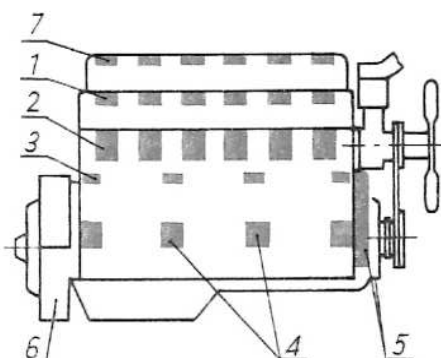
podobne do lekarskich. Bardziej czuły jest stetoskop elektroniczny (rys. 7.2), składający się z przewodu 1 łączącego trzpień 5 ze słuchawką 6 za pośrednictwem przetwornika piezoelektrycznego 4, wzmacniającego sygnały. Przetwornik jest zasilany z baterii 2 umieszczonych w obudowie 3.

Dokonanie prawidłowej interpretacji słyszanych odgłosów wymaga określenia stref, w których dźwięki wywoływane pracą poszczególnych mechanizmów powinny być najlepiej słyszalne. Strefy osłuchiwania silnika sześciocyndrowego przedstawiono na rys. 7.3. Zestawy dźwiękowych objawów podstawowych

Rys. 7.3

Strefy osłuchiwania silnika sześciocyndrowego [13]

1 — zawory, 2 — złożenie tłok-tuleja cylindra, 3 — wałek rozrządu, 4 — łożyska główne i korbowe, 5 — mechanizm napędu wałka rozrządu, 6 — łożysko oporowe wałkowate, 7 — dźwięki zaworowe



nieprawności silnika można znaleźć w książkach specjalistycznych. Należy jednak podkreślić, że wnioskowanie o niesprawnościach silnika na podstawie wyników osłuchania wymaga dużego doświadczenia i wiedzy od diagnosty, a zdobycie tej wiedzy jedynie z podręczników jest niemożliwe.

Pomiar ciśnienia sprężania

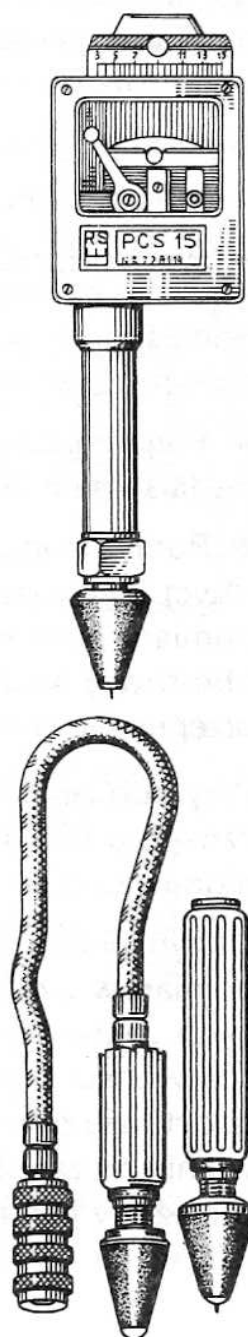
Wartość ciśnienia w końcu suwu sprężania zależy od szczelności wszystkich elementów zamykających komorę spalania, a zatem od szczelności tłoków wraz z pierścieniami tłokowymi oraz zaworów dolotowego i wylotowego. Pomiar ciśnienia sprężania dostarcza informacji o stopniu zużycia tych elementów.

Ciśnienie sprężania mierzy się specjalnym *manometrem* (rys. 7.4). Manometr dociska się końcówką do otworu świecy zapłonowej lub wtryskiwacza badanego cylindra. Niektóre manometry są wyposażone w urządzenie rejestrujące przyrost ciśnienia w czasie pomiaru na wymiennej tarczy papierowej.

Ciśnienie sprężania mierzy się kolejno we wszystkich cylindrach silnika z zachowaniem następujących warunków:

- silnik nagrany do temperatury eksploatacyjnej,
- luzy zaworowe wyregulowane,
- przepustnica gaźnika lub przewodu dolotowego całkowicie otwarta,
- wszystkie świece zapłonowe lub wtryskiwacze wykręcone,
- stała prędkość obrotowa wału korbowego utrzymywana za pomocą rozrusznika,
- pomiary dokonywane kilkakrotnie w celu uzyskania średnich wartości ciśnienia sprężania w poszczególnych cylindrach.

Zmierzone w ten sposób ciśnienie sprężania należy porównać z jego wartością nominalną, podaną w fabrycznej instrukcji obsługi pojazdu. Silnik w dostatecznie dobrym stanie technicznym nie powinien wykazywać większego spadku ciśnienia niż $20 \div 30\%$ wartości nominalnej. Wartość ciśnienia sprężania w poszczególnych cylindrach nie powinna różnić się więcej niż o 7% średniej wartości zmierzonego ciśnienia.



Rys. 7.4
Próbnik ciśnienia sprężania (rejestrujący), typ SP CS-15 [13]

Pomiar podciśnienia w przewodzie dolotowym

Zmierzenie podciśnienia w przewodzie dolotowym w określonych warunkach, tzn. przy ustalonej prędkości obrotowej silnika i stałym uchyleniu przepustnicy, może dostarczyć wskazówek

odnośnie do stanu technicznego silnika. Podciśnienie mierzy się za pomocą *próżniomierzy*. Próżniomierz podłącza się do przewodu dolotowego silnika między gaźnikiem a wlotem do cylindra, możliwie najbliżej gaźnika. Pomiaru należy dokonywać po uprzednim rozgrzaniu silnika do temperatury eksploatacyjnej.

Dokonuje się następujących pomiarów:

- Pomiar podciśnienia podczas obracania wału korbowego silnika za pomocą rozrusznika przy wyłączonym zapłonie i zamkniętej przepustnicy gaźnika. Czas pomiaru $5 \div 10$ s. Zmierzone podciśnienie powinno mieścić się w granicach $500 \div 570$ hPa z dopuszczalnymi odchyłkami do ok. 30 hPa.
- Pomiar podciśnienia podczas pracy silnika na biegu jałowym. Podciśnienie powinno mieścić się w granicach $570 \div 750$ hPa.
- Pomiar podciśnienia podczas przechodzenia z prędkości obrotowej biegu jałowego na średnią prędkość obrotową. W czasie pomiaru podciśnienie powinno wzrastać ze wzrostem prędkości obrotowej silnika o $40 \div 80$ hPa. W chwili pełnego otwarcia przepustnicy podciśnienie powinno obniżyć się do około 100 hPa.

Przy pomiarach należy pamiętać, że zmiana ciśnienia atmosferycznego o 100 hPa wywołuje odpowiednią zmianę wskazań próżniomierza o ok. 10 hPa (10%).

Utrzymywanie się podciśnienia w podanych granicach podczas pomiarów świadczy o sprawności silnika. Przekroczenie podanych zakresów w którymkolwiek z pomiarów informuje o niesprawności silnika. Niesprawność tę można bliżej określić na podstawie dokładniejszej analizy wskazań próżniomierza. Omówienie szczegółowej interpretacji wskazań próżniomierza można znaleźć w literaturze specjalistycznej.

7.2.4

Analiza spalin

Spaliny silnika zawierają wiele składników toksycznych. Jednym z nich jest tlenek węgla (CO), którego obecności w spalinach silnika o zapłonie iskrowym nie można uniknąć. Jego objętościowa zawartość w spalinach sprawnego silnika o zapłonie iskrowym, pracującego na biegu jałowym, wynosi $3 \div 4,5\%$.

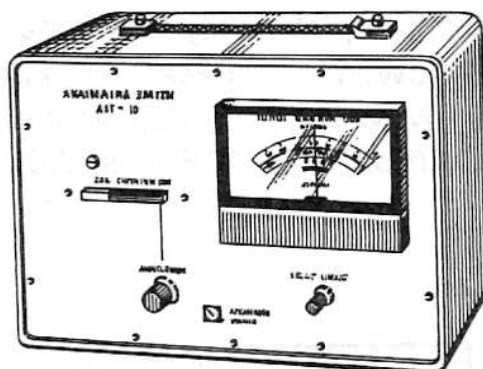
W spalinach silnika o zapłonie samoczynnym zawartość CO jest pomijalnie mała.

Analiza spalin, a w szczególności ocena zawartości tlenu węgla w spalinach, dostarcza informacji o nieprawidłowościach przebiegu procesu spalania, które z kolei zazwyczaj wynikają z niewłaściwych proporcji paliwa i powietrza w mieszance palnej.

Norma zawartości CO w spalinach jest określana przepisami o dopuszczaniu pojazdów do ruchu. Powoduje to konieczność okresowej kontroli składu spalin. Mierzenie zawartości węgla w spalinach umożliwia także kontrolę poprawności składu mieszanki.

Do określania składu spalin służą *analizatory spalin*. Spotyka się dwa rodzaje analizatorów o odmiennej zasadzie działania:

- Analizatory działające na zasadzie wykorzystania różnic przewodności cieplnej między poszczególnymi składnikami spalin (rys. 7.5). Nie są one dokładne, a odczyt nie jest bezpośredni i wymaga użycia tablic przeliczeniowych.



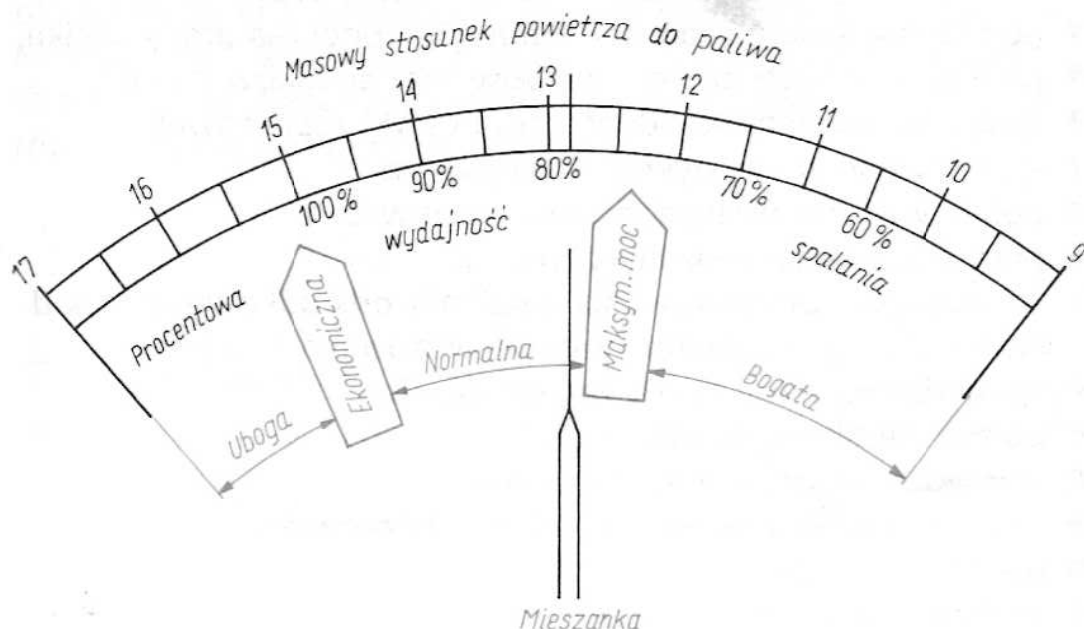
Rys. 7.5
Analizator spalin, typ AST-75 [13]

- Analizatory zawartości CO w spalinach działające na zasadzie wykorzystania faktu, iż poszczególne składniki spalin mają różną zdolność pochłaniania promieniowania podczerwonego. Taki analizator jest wyskalowany w procentach objętości CO.

Podczas pomiaru zawartości CO w spalinach:

- silnik powinien być nagrany do stanu równowagi cieplnej,
- spaliny powinny być schłodzone i możliwie suche (bez wilgoci),
- sonda do pobierania spalin musi być umieszczona w osi rury wylotowej i wsunięta na głębokość około 0,4 m,
- układ wylotowy musi być szczelny.

Za pomocą niektórych analizatorów, np. typu ASR-60 (rys. 7.6) można bezpośrednio określić (odczytywać) skład mieszanki,



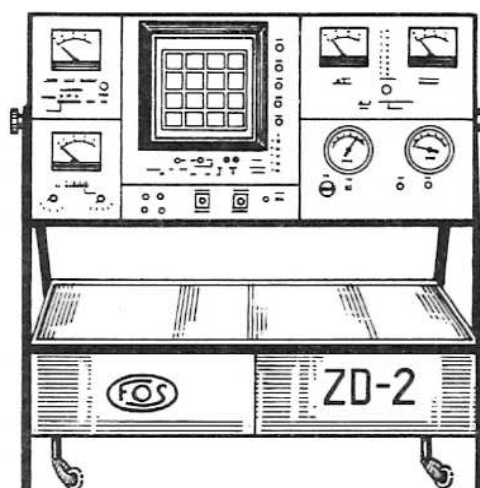
Rys. 7.6
Podziałka analizatora spalin, typ ASR-60 [13]

czyli masowy stosunek powietrza do paliwa. Teoretycznie najkorzystniejszy stosunek ilości powietrza do ilości paliwa wynosi 15, a w praktyce, w silnikach pracujących bez obciążenia — $12 \div 14,5$.

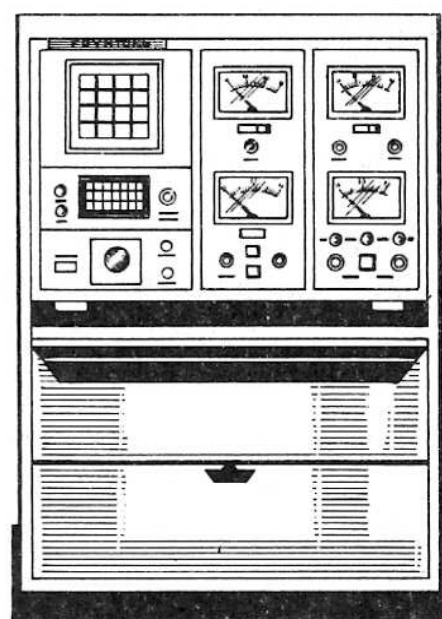
7.2.5

Kompleksowe badania stanu technicznego silnika

Do kompleksowej oceny stanu technicznego silników o zapłonie iskrowym służą zestawy *diagnostyczne*. Przykładami takich zestawów są: krajowy zestaw ZD-2 (rys. 7.7) i zestaw firmy Crypton BDY-118 (rys. 7.8).



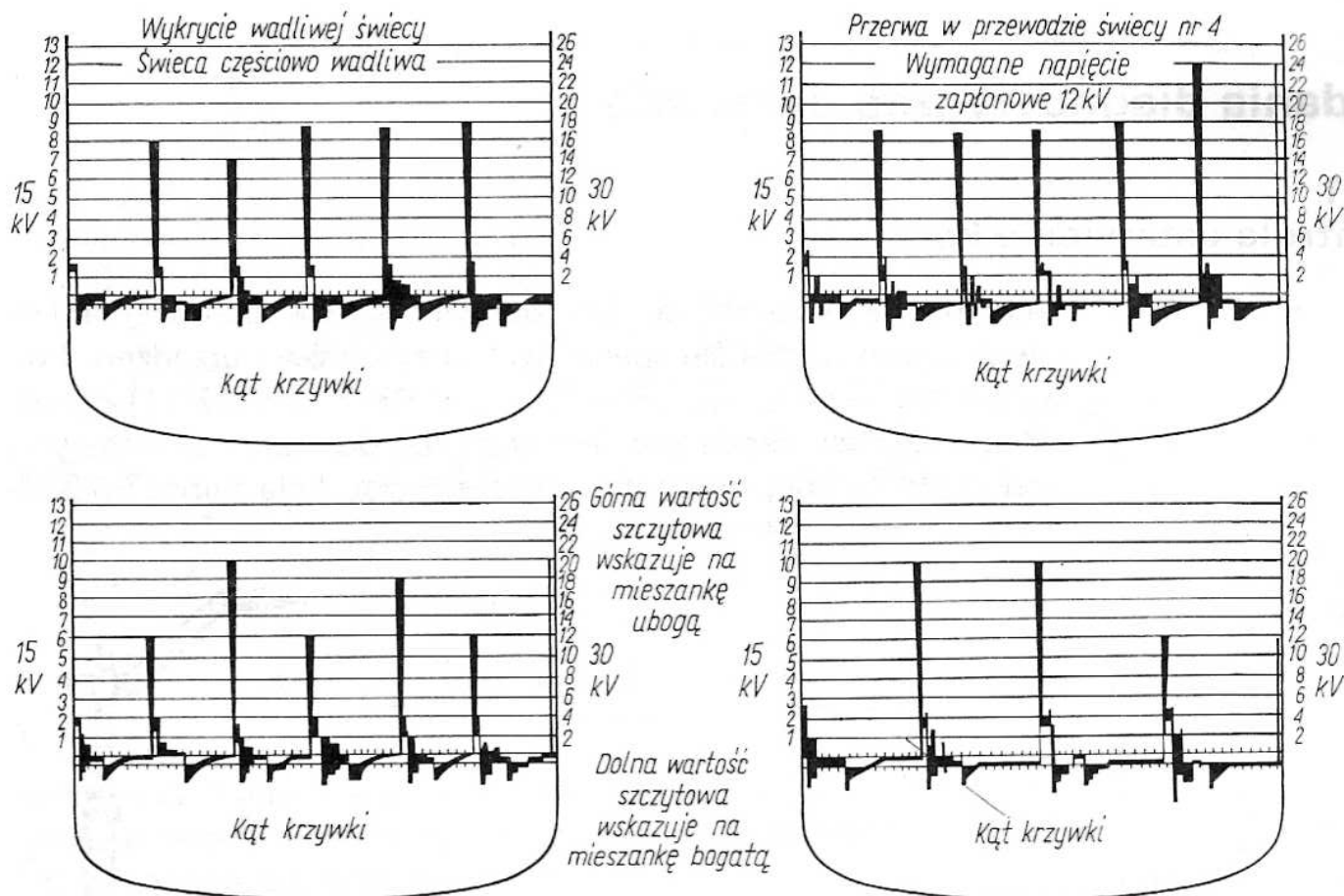
Rys. 7.7
Zestaw diagnostyczny, typ ZD-2
[13]



Rys. 7.8
Zestaw diagnostyczny Crypton,
typ BDY-118 [13]

Zestawy diagnostyczne tych typów umożliwiają:

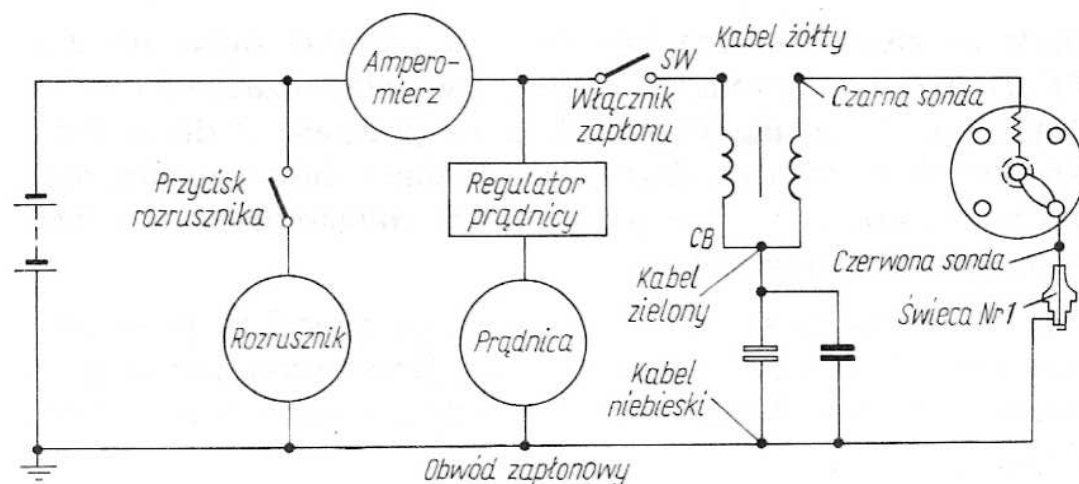
- pomiar napięcia prądu zasilającego cewkę zapłonową,
- pomiar napięcia na zaciskach prądnicy podczas pracy silnika,
- pomiar wszelkich napięć i prądów oraz spadków napięć,
- sprawdzenie stanu kondensatora i cewki zapłonowej,
- sprawdzenie stanu styków przerywacza,
- pomiary kątów zwarcia styków przerywacza,
- pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu,
- sprawdzenie prawidłowości działania odśrodkowego i podciśnieniowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu,
- sprawdzenie stanu świec zapłonowych,
- pomiar prędkości obrotowej silnika,
- sprawdzenie szczelności cylindrów,
- pomiar podciśnienia w przewodzie dolotowym,
- pomiar ciśnienia,
- analizę spalin.



Zestaw diagnostyczny typu BDY-118 jest wyposażony w oscyloskop. Na jego ekranie można obserwować zmiany napięcia w funkcji czasu w obwodach niskiego i wysokiego napięcia (rys. 7.9). Analizując różnicę między wykresami odpowiadającymi poszczególnym cylindrom otrzymanymi na ekranie oscyloskopu a krzywymi wzorcowymi (odpowiadającymi pełnosprawnemu układowi) można określić rodzaj i przyczynę niesprawności.

Rys. 7.9
Przykłady niesprawności rejestrowanych na ekranie oscyloskopu przy kontroli świec zapłonowych [13]

Sposób łączenia części elektrycznej zestawu diagnostycznego ZD-2 lub Crypton z silnikiem przedstawia rys. 7.10. Zasadniczą zaletą takiego zestawu jest możliwość wykonania pełnych badań diagnostycznych silnika przy jednym podłączeniu zestawu, bez konieczności kolejnego podłączania pojedynczych urządzeń. Osobnego podłączania wymagają jedynie przyrządy do pomiarów innych niż elektryczne.



Rys. 7.10
Schemat podłączenia zestawu diagnostycznego do silnika [13]

7.3

Badania diagnostyczne podwozia

7.3.1

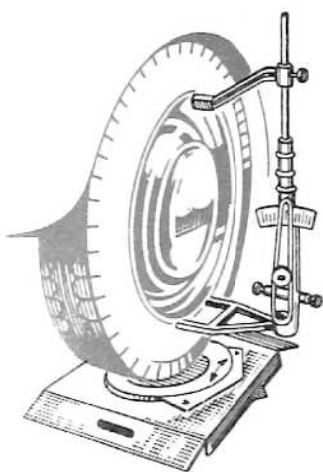
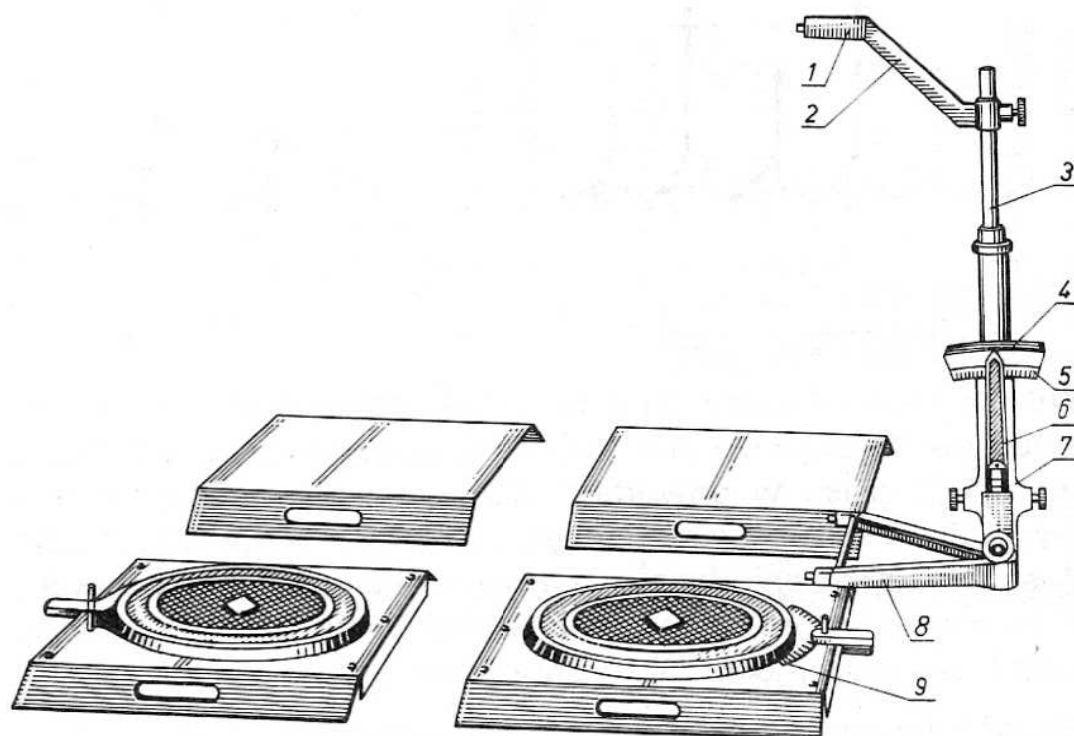
Kontrola ustawienia kół

Urządzenia kontrolne. Do pomiaru kątów ustawienia kół kierowanych używa się specjalnych przyrządów i urządzeń. Po-
wszechnie stosuje się przyrząd typu PK-1 (rys. 7.11), który
składa się z przyrządu pomiarowego, dwóch tarcz obrotowych
pod przednie koła i dwóch podstawek pod koła tylne. Sposób

Rys. 7.11

Przyrząd do pomiaru
kątów ustawienia kie-
rowanych kół samo-
chodu, typ PK-1 [13]

1 — uchwyt zaciskowy,
2 — ramię oporowe górne,
3 — drążek, 4 — podziałka
stała, 5 — podziałka ru-
choma, 6 — wskazówka,
7 — obudowa, 8 — ramię
oporowe dolne, 9 — tarcza
obrotowa



Rys. 7.12

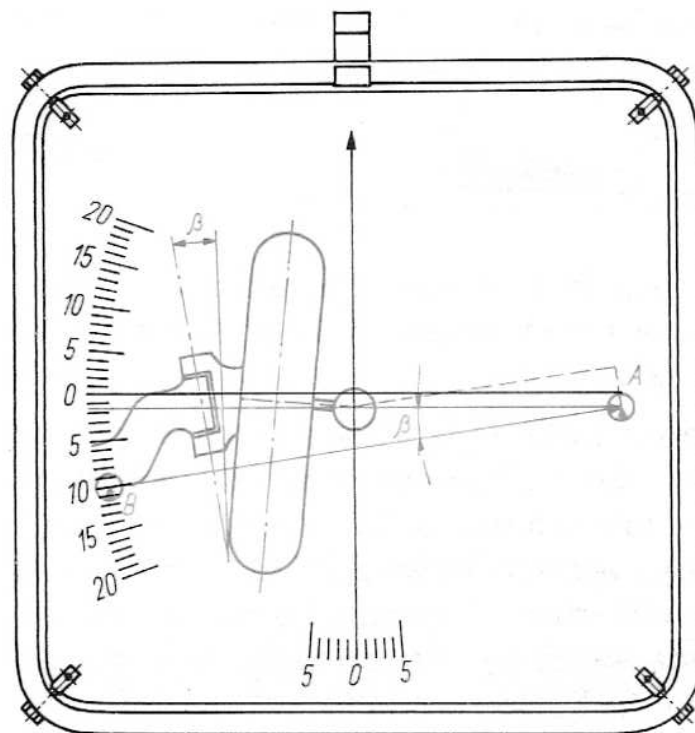
Sposób zamocowania
przyrządu typu PK-1 do
koła [13]

mocowania przyrządu pomiarowego do koła przedstawiono na
rys. 7.12. Przyrząd ma podziałkę i wskazówkę z poziomnicą.
Przez stosowne zwracanie koła i poziomowanie przyrządu na
podziałce można odczytywać kąty ustawienia koła i sworznia
zwrotnicy.

Duże zastosowanie znajduje także urządzenie optyczne typu
PK-01 (rys. 7.13) produkcji krajowej. W skład urządzenia wcho-
dzą: dwa ekrany pomiarowe 1, dwie podziałki 2 do pomiaru
równoległości osi, dwa drążki 3 do pomiaru zbieżności kół, dwie
tarcze obrotowe 4, dwa projektory 5, transformator 6 i dwie
podstawki 7 pod tylne koła.

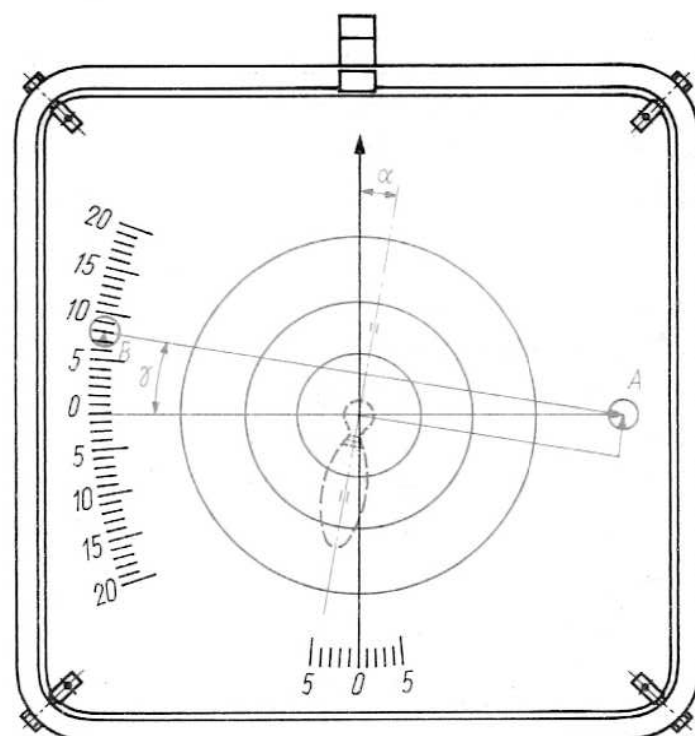
Projektory mocowane do kół są zasilane z sieci za pośrednic-
twem transformatora. Snop światła rzucany przez projektor na
ekran ma kształt okrągłej plamy świetlnej z cieniem w kształcie
trójkąta.

Pomiar kąta pochylenia sworznia zwrotnicy (rys. 7.15). Ekran należy ustawić jak poprzednio oraz obrócić obiektyw projektora o 90° tak, aby wierzchołek trójkąta cienia znalazł się w położeniu poziomym. Promień świetlny powinien padać na środek ekranu. Zwracanie kół powoduje ruch promienia świetlnego ku punktowi A i ku górze. Przesuwając projektor (bez obracania) po prowadnicach ku dołowi należy doprowadzić do pokrycia się plamy świetlnej ze znakiem A. Po zwróceniu koła w przeciwną stronę wierzchołek trójkąta cienia plamy świetlnej wskaże na podziałce wartość mierzonego kąta.



Rys. 7.15

Pomiar kąta pochylenia sworznia zwrotnicy za pomocą urządzenia typu PK-01 [13]



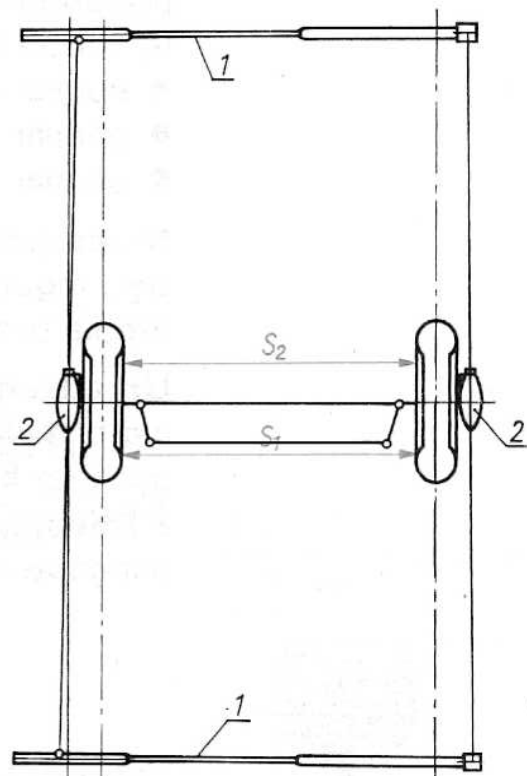
Rys. 7.16

Pomiar kąta wyprzedzenia sworznia zwrotnicy za pomocą urządzenia typu PK-01 [13]

Pomiar kąta wyprzedzania sworznia zwrotnicy (rys. 7.16). Ekran ustawia się z boku samochodu w odległości ok. 1000 mm. Projektor ustawia się pionowo, a obok obiektywu ustawia się lusterko. Lusterko powinno się znajdować w osi koła. Zwracanie koła powoduje ruch plamy świetlnej ku punktowi A. Stosowna regulacja lusterka musi doprowadzić do pokrycia się plamy świetlnej ze znakiem kontrolnym A. Zwrócenie koła w przeciwną stronę sprawi, że wierzchołek trójkąta cienia plamy świetlnej wskaże na podziałce wartość mierzonego kąta.

Pomiar zbieżności kół (rys. 7.17). Zbieżność kół oblicza się jako różnicę wskazań odczytywanych na podziałkach drążków 1, z których jeden umieszcza się przed, a drugi za osią w odległości około 2 m. Wskazania wyznacza promień świetlny kierowany kolejno ku przodowi i ku tyłowi.

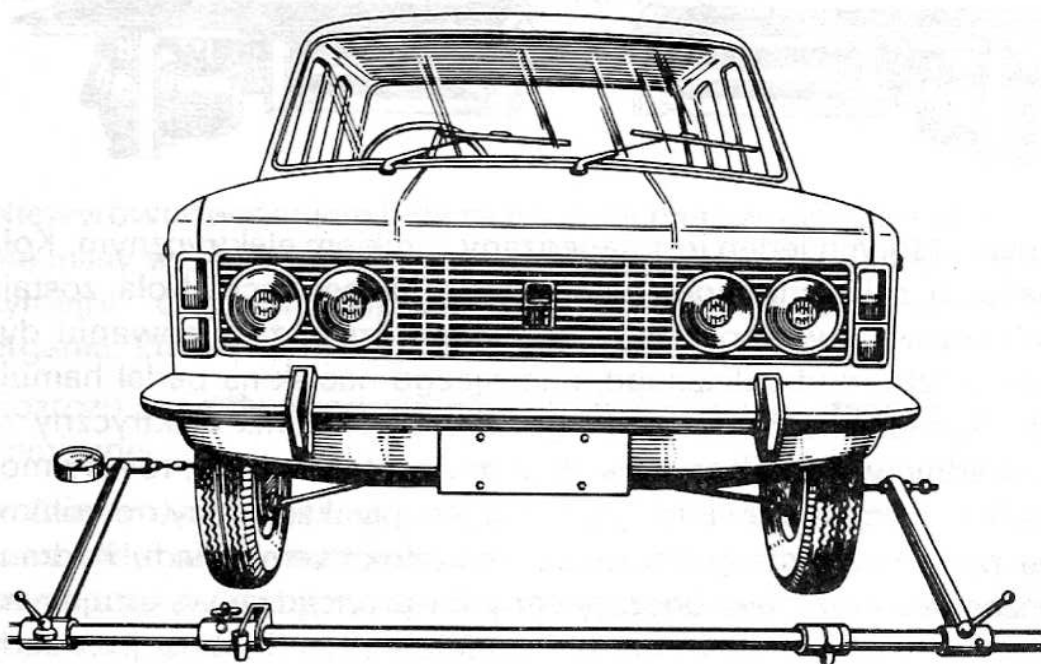
Zbieżność kół można również sprawdzić za pomocą rozsuwanego sprawdzianu (rys. 7.18), przykładanego do krawędzi obręczy kół kolejno z przodu i z tyłu osi, na wysokości osi obrotu kół. W celu uniknięcia błędów spowodowanych ewentualnym odkształceniem obręczy sprawdzian przykładają się zawsze do tych samych punktów obręczy, po przetoczeniu pojazdu o pół obrotu kół. Zbieżność kół to różnica wyników pomiarów z przodu i z tyłu kół. Kontroli zbieżności podlegają również niekiedy koła nie kierowane samochodu o niezależnym zawieszeniu.



Rys. 7.17

Pomiar zbieżności kół za pomocą urządzenia typu PK-01 [13]

1 — drążki pomiarowe, 2 — projektory



Rys. 7.18

Sprawdzian do pomiaru zbieżności kół [13]

Prawidłowe wartości zbieżności kół oraz kątów ich ustawienia są podane w instrukcji obsługi danego samochodu. Urządzenie optyczne PK-01 umożliwia również pomiar równoległości osi samochodu.

7.3.2

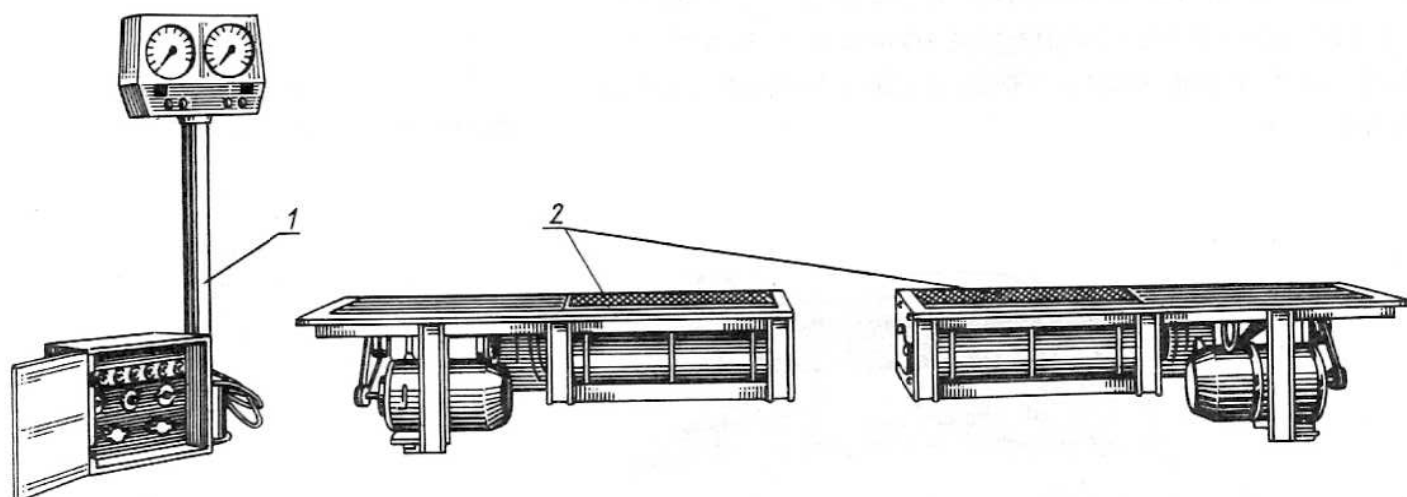
Badanie skuteczności hamulców

Sposoby oceny skuteczności działania hamulców pojazdów znajdujących się w eksploatacji są określane odpowiednimi przepisami. Dopuszcza się stosowanie trzech metod oceny skuteczności działania hamulców. Są to:

- pomiar długości drogi hamowania,
- pomiar siły hamowania,
- pomiar opóźnienia hamowania.

Na stacjach diagnostycznych pomiaru siły hamowania dokonuje się z reguły na stanowiskach diagnostycznych. Stosuje się urządzenia bębnowe lub najazdowe.

Urządzenia bębnowe (rys. 7.19) służą do sprawdzania działania hamulców na podstawie pomiaru sił hamowania uzyskiwanych na kołach jednej osi pojazdu. Urządzenie takie składa się z kolumny pomiarowo-sterowniczej 1 oraz z dwóch zespołów napędowych 2. W każdym zespole napędowym jest para bęb-



Rys. 7.19

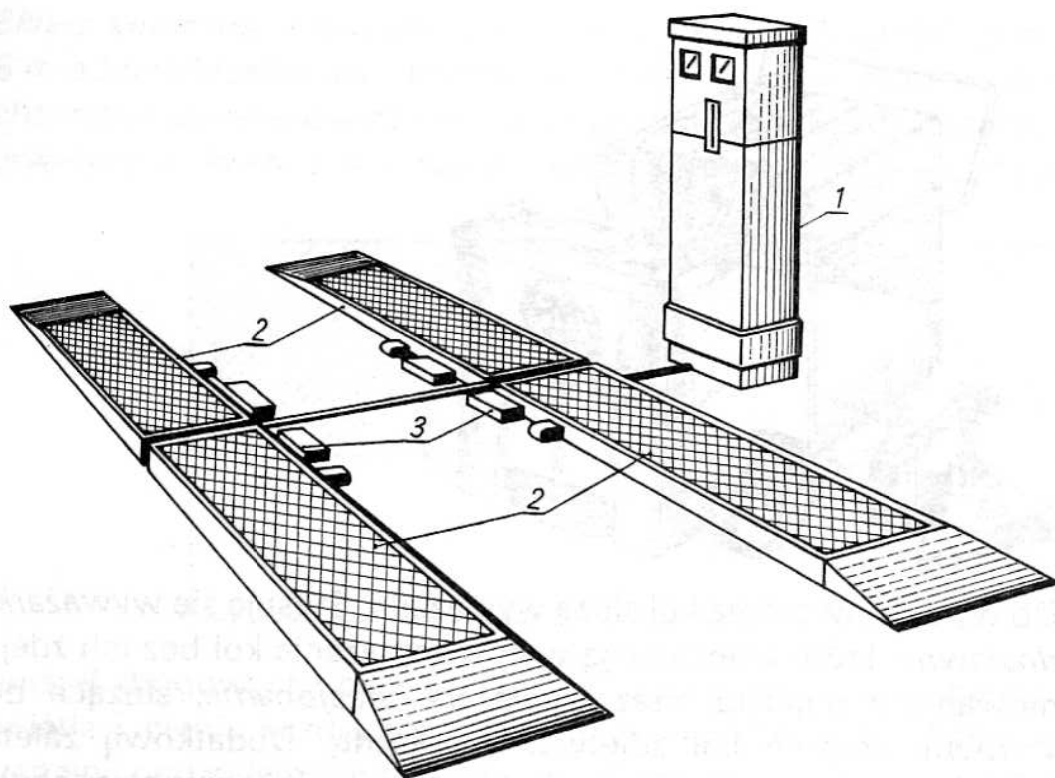
Urządzenie bębnowe do pomiaru sił hamowania, typ RH-3000 [13]
1 — kolumna pomiarowo-sterownicza, 2 — zespoły napędowe

nów, z których jeden jest napędzany silnikiem elektrycznym. Koła badanej osi samochodu ustawia się na bębnach. Koła zostają zahamowane w sposób kontrolowany dzięki zastosowaniu dynamometru hadraulicznego, mierzącego nacisk na pedał hamulca. Napędzanie zahamowanego koła przez silnik elektryczny za pośrednictwem bębna wywołuje moment reakcyjny, równy momentowi hamowania. Moment ten jest przekazywany do kolumny pomiarowo-sterowniczej za pośrednictwem układu hydraulicznego i może być odczytywany na przyrządzie wskazującym, zwykle wyskalowanym w jednostkach siły. Osobne przyrządy

wskazują siły hamowania kół po obu stronach pojazdu, umożliwiając ocenę równomierności działania hamulców kół jednej osi (przedniej lub tylnej).

Szczegółowe warunki prawidłowego działania hamulców są podawane w instrukcji obsługi danego pojazdu.

Urządzenia najazdowe (rys. 7.20) rejestrują siły hamowania każdego z kół podczas hamowania pojazdu ustawionego na



Rys. 7.20
Urządzenie najazdowe do badania skuteczności hamulców [13]
1 — kolumna pomiarowa, 2 — płyty najazdowe, 3 — czujniki przesunięć płyty

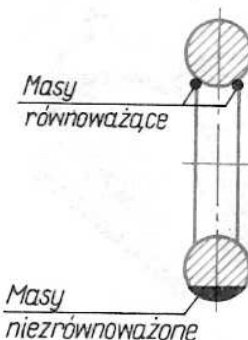
płytkach urządzenia. Hamowanie przebiega tu w warunkach podobnych jak na drodze w warunkach rzeczywistych. Wynik pomiaru uwzględnia więc także wpływ dynamicznego dociężenia przedniej osi pojazdu podczas hamowania.

7.3.3 Wyrównowywanie kół

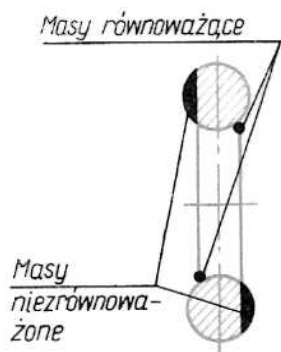
Niewyrównoważeniem koła nazywa się nierównomierne rozłożenie masy względem osi obrotu koła i względem jego płaszczyzny symetrii. Objawami niewyrównoważenia kół samochodu są drgania, które przenoszą się od kół na cały pojazd.

Rozróżnia się dwa rodzaje niewyrównoważenia: statyczne i dynamiczne.

- **Niewyrównoważenie statyczne** (rys. 7.21) występuje wówczas, gdy nierównomierne rozłożenie masy koła ogumionego powoduje przesunięcie środka masy poza oś obrotu koła. Koło takie można wyrównować przymocowując do niego odpowiednie



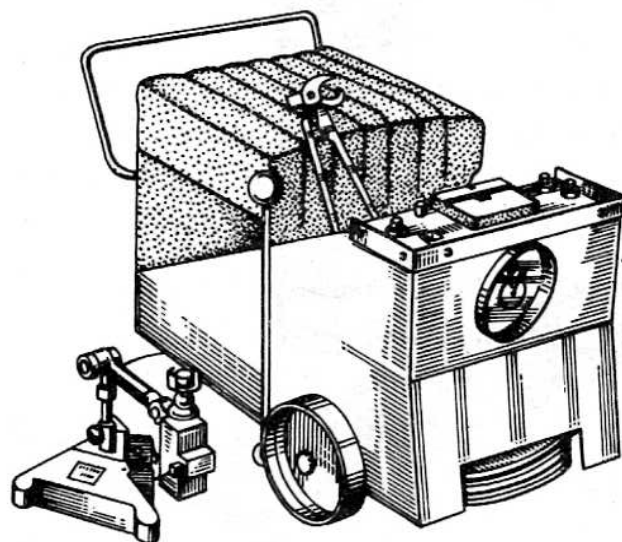
Rys. 7.21
Schemat statycznego wyrównowywania koła [13]



Rys. 7.22
Schemat dynamicznego wyrównowazania koła [13]

dnia masę (w postaci ciężarka wyrównowazającego) naprzeciw masy nierównowazonej. Masę równowazącą można przy tym umieścić na promieniu mniejszym od promienia masy nierównowazonej, ale wtedy musi ona być odpowiednio większa;

● *Niewyrównowazenie dynamiczne* (rys. 7.22) występuje wtedy, gdy masa ogumionego koła jest rozłożona niesymetrycznie względem płaszczyzny symetrii koła. Koło można wyrównowazać dodając odpowiednie masy, stosownie rozmieszczone.

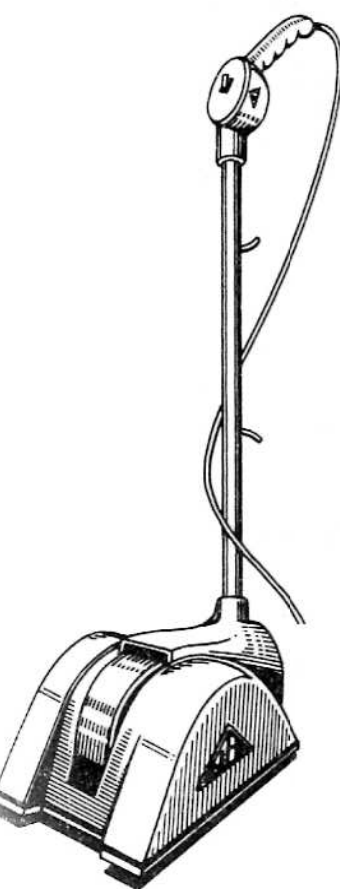


Rys. 7.23
Wyważarka stroboskopowa, typ EWK-15 [13]

Do wyrównowazania kół służą wyważarki. Stosuje się *wyważarki dostawne*, które umożliwiają wyrównowazanie kół bez ich zdejmowania z pojazdu, oraz *wyważarki stacjonarne*, służące do wyrównowazania kół zdjętych z pojazdu. Dodatkową zaletą wyważarek dostawnych jest uwzględnianie niewyrównowazienia piasty i bębna hamulcowego lub tarczy hamulcowej. Zasadniczą ich wadą jest niemożność dokładnego ustalenia wartości masy równowazącej:

Jako stacjonarne stosuje się wyważarki rezonansowe, zwane także stroboskopowymi lub elektronicznymi. Przykładem takiej wyważarki jest krajowa wyważarka stroboskopowa typu EWK-15 (rys. 7.23). Po założeniu na nią wyrównowazanego koła i wykonaniu odpowiedniego (opisanego w instrukcji użycia wyważarki) cyklu pomiarów zostają określone: wartości mas równowazących oraz miejsca ich zamocowania. Ze względów praktycznych masy równowazące zawsze mocuje się do obrzeża koła.

Najprostszym sposobem wykrycia, które koło pojazdu wymaga wyrównowazania, jest uniesienie kolejno każdego koła i wprawienie go w ruch obrotowy. Jeżeli koło jest niewyrównowazone, to przy większej prędkości wirowanie wywoła drgania przenoszące się na nadwozie. Koła napędzane pojazdu można przy tym wprawiać w ruch obrotowy przez ich sprzęgnięcie z pracującym



Rys. 7.24
Przystawka napędowa do wykrywania niewyrównowazienia kół nie-napędzanych [13]

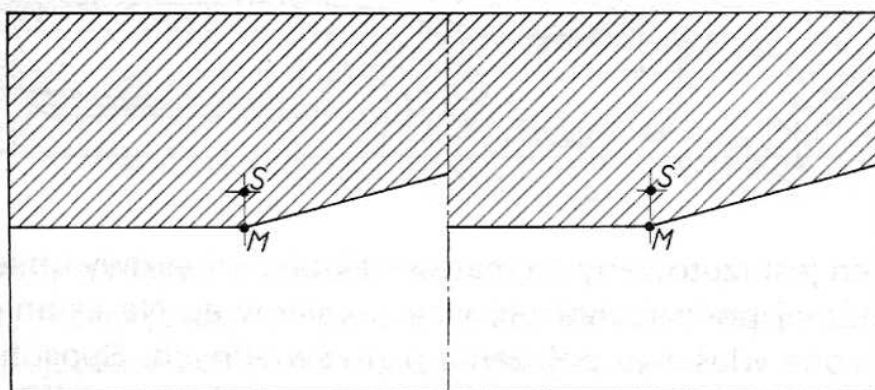
silnikiem, na biegu bezpośrednim. Koła nienapędzane wprawia się w ruch obrotowy za pomocą przystawki napędowej (rys. 7.24), którą przystawia się do czoła bieżnika opony.

7.3.4

Sprawdzanie prawidłowości ustawienia reflektorów

Do sprawdzania prawidłowości ustawienia reflektorów używa się ekranów kontrolnych lub przyrządów optycznych.

Ekran kontrolny powinien znajdować się w odległości około 5 m od reflektorów. Na ekranie (rys. 7.25) są zaznaczone punkty charakterystyczne dla danego typu pojazdu: punkty *S*, z którymi powinny pokrywać się najjaśniejsze punkty plam świetlnych

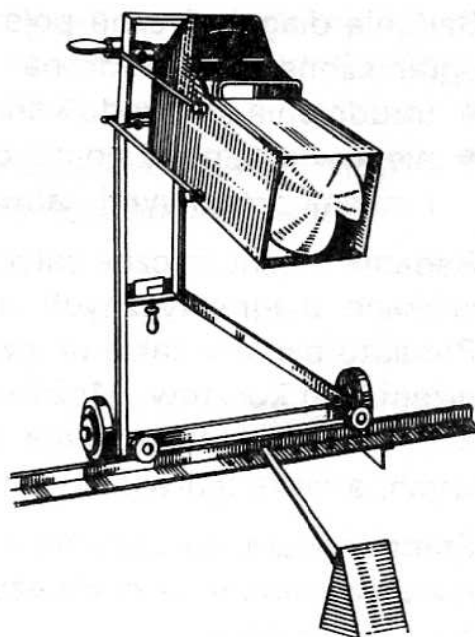


Rys. 7.25
Ekran kontrolny do ustawiania świateł drogowych i mijania [13]

światła drogowych, oraz punkty *M*, leżące na liniach granicy światła i cienia każdego z reflektorów w miejscach załamania tych linii pod kątem 15° do poziomu, w prawo ku górze. Wartości oznaczonych na rysunku wielkości są podane w instrukcji obsługi każdego pojazdu. W czasie pomiaru pojazd powinien być obciążony zgodnie ze wskazaniem producenta. Ciśnienie powietrza w ogumieniu musi być równe nominalnemu.

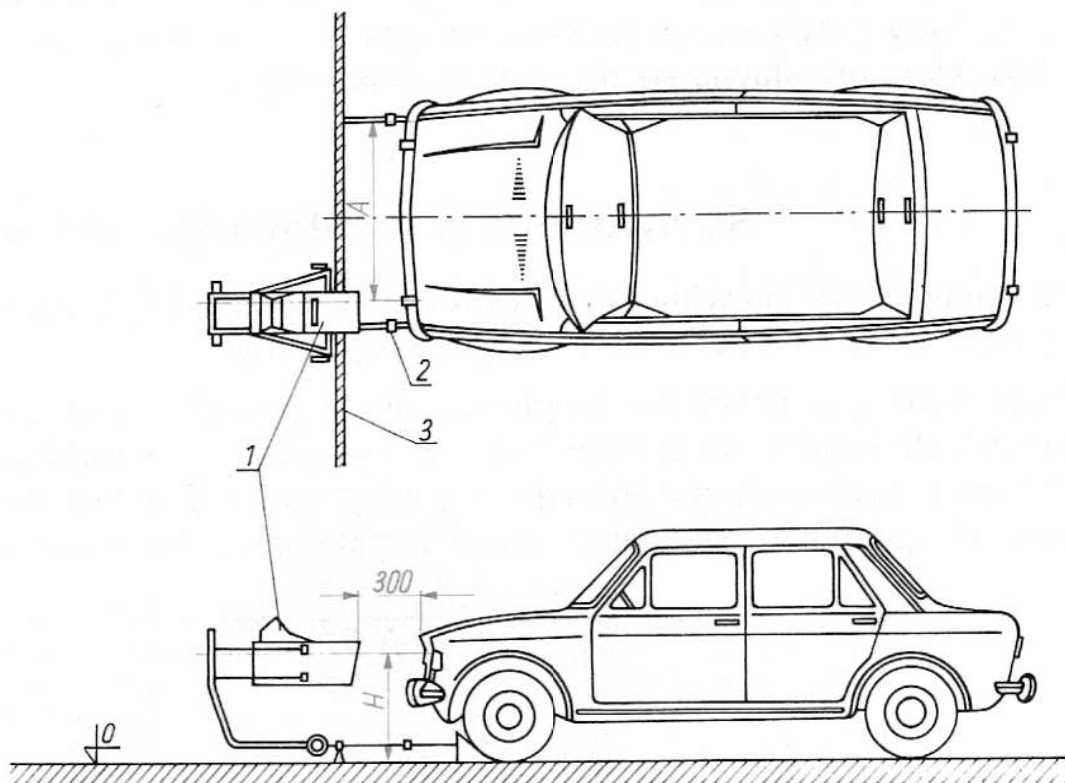
Dokładniejsze i wygodniejsze w użyciu są przyrządy optyczne: ekranowe i fotoelektryczne. *Przyrządy ekranowe* zawierają nieskomplikowany układ optyczny, skupiający światło reflektora i rzucający je na ekran, na którym są wyznaczone linie właściwego położenia plamy świetlnej.

Układ optyczny *przyrządu fotoelektrycznego* (rys. 7.26) umożliwia uzyskanie zmniejszonego obrazu plamy świetlnej. Obraz



Rys. 7.26
Optyczny przyrząd fotoelektryczny do kontroli ustawienia świateł pojazdów, typ KS-20 [13]

Rys. 7.27
 Ustawienie przyrządu
 KS-20 podczas pomia-
 ru [13]
 1 — przyrząd KS-20, 2 —
 łącznik teleskopowy, 3 —
 prowadnica



ten jest rzutowany na matowy ekran pomiarowy umieszczony na górnej powierzchni głowicy pomiarowej. Na ekranie są zaznaczone właściwe położenia plam świetlnych. Sposób ustawienia fotoelektrycznego przyrządu produkcji krajowej KS-20 podczas pomiaru przedstawia rys. 7.27.

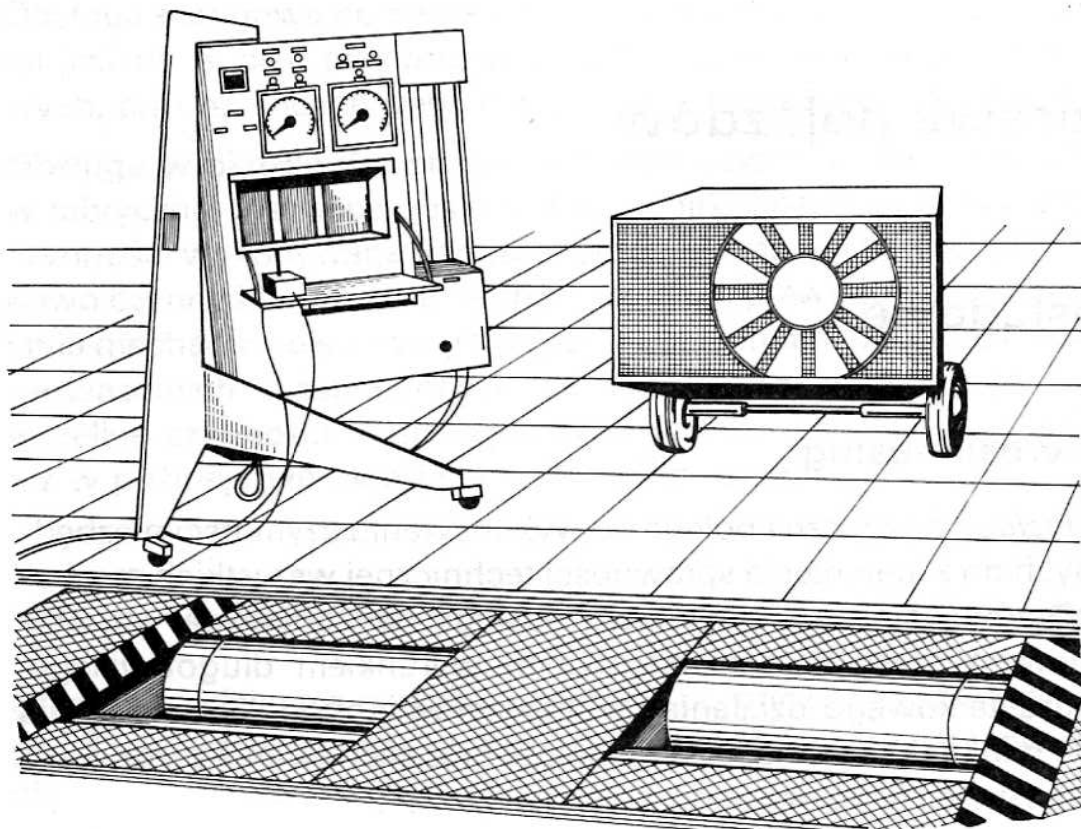
7.4 Określanie stanu technicznego pojazdu na stanowiskach diagnostycznych

Badania diagnostyczne pojazdów w warunkach drogowych są ograniczone ze względu na:

- utrudnienia spowodowane ruchem drogowym,
- niepowtarzalność pomiarów, spowodowaną zmiennymi warunkami drogowymi i atmosferycznymi.

Badania diagnostyczne całych pojazdów dokonywane na stanowiskach diagnostycznych nie wiążą się z tymi trudnościami. Ponadto badania takie umożliwiają skrócenie czasu badań i obniżenie ich kosztów. Możliwe jest przy tym rozszerzenie zakresu badań przez zastosowanie większej liczby urządzeń pomiarowych, a także ułatwiona jest automatyzacja procesu badań.

Stanowiskiem do badania stanu technicznego samochodu jest *rolkowa hamownia podwoziowa* (rys. 7.28). Na takiej hamowni można wykonać:



Rys. 7.28
Rolkowa hamownia
podwoziowa, typ
HPWO-150A [13]

- pomiar mocy na kołach samochodu,
- pomiar prędkości jazdy i sprawdzenie szybkościomierza,
- przebieg pojazdu według założonego programu,
- pomiar zużycia paliwa przy różnym obciążeniu i różnych prędkościach jazdy,
- sprawdzenie licznika kilometrów,
- określenie oporu toczenia się pojazdu,
- osłuchanie mechanizmów napędowych,
- kompleksową diagnostykę silnika.

Dla uzyskania poprawnych wyników pomiarów należy prawidłowo dobrać warunki badań oraz ściśle przestrzegać zaleceń zawartych w fabrycznej instrukcji hamowni podwoziowej. Otrzymywane wyniki pomiarów należy porównywać z wartościami granicznymi dla danego typu samochodu.

Rolkowe hamownie podwoziowe mogą być również użyte do określania skuteczności działania układów hamulcowych.

Obsługa i naprawa pojazdów

8.1

Zagadnienia obsługowe

8.1.1

Rodzaje i częstotliwość obsług

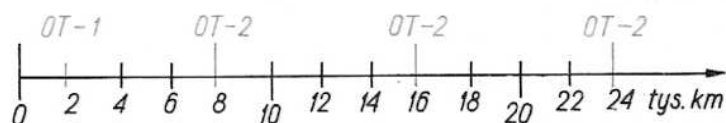
Obsługa techniczna polega na wykonywaniu czynności niezbędnych do zapewnienia sprawności technicznej wszystkich mechanizmów pojazdu. Prawidłowa obsługa, wykonywana we właściwym czasie jest nieodzownym warunkiem długotrwałego, bezusterkowego działania mechanizmów pojazdu, zmniejszenia do minimum zużycia jego zespołów oraz zachowania przez wiele lat estetycznego wyglądu pojazdu.

Zakres wykonywanych czynności obsługowych oraz częstotliwość wykonywania tych czynności określają rodzaj obsługi technicznej. Rozróżniamy następujące rodzaje obsług technicznych:

- *obsługę codzienną*, obejmującą czynności obsługowe niezbędne do przygotowania pojazdu do jazdy oraz sprawdzenie jego stanu technicznego.
- *obsługę okresową*, obejmującą wykonanie zestawu uprzednio zaplanowanych czynności, dokonywanych po określonym czasie pracy pojazdu lub po określonym jego przebiegu,
- *obsługę sezonową*,
- *obsługę w okresie docierania*.

Zalecone przez fabryczną instrukcję obsługi czynności obsługowe są łączone w grupy nazywane pierwszą, drugą itd. obsługą techniczną (w skrócie OT-1, OT-2 itd.). Te okresowe obsługi techniczne są wykonywane cyklicznie podczas eksploatacji pojazdu (rys. 8.1). Przebieg pojazdu, po którym wykonuje się

Rys. 8.1
Przykład cyklu obsługowego pojazdu [16]



powtórnie taką samą grupę czynności obsługujących, nazywa się *przebiegiem międzyobsługowym*. Wytwórcie pojazdów starają się tak konstruować pojazdy, żeby możliwie wydłużyć przebiegi międzyobsługowe oraz zmniejszyć liczbę czynności wykonywanych podczas obsługi.

Obsługa sezonowa powinna być wykonywana dwa razy w roku: na jesieni, w celu przygotowania pojazdu do warunków zimowych, oraz na wiosnę, żeby przygotować pojazd do jazdy latem.

Obsługa w okresie docierania to zestaw czynności określonych w fabrycznej instrukcji obsługi. Zestaw taki obejmuje zazwyczaj czynności wykonywane podczas obsługi okresowych oraz dodatkowo czynności związane ze sprawdzaniem prawidłowości działania mechanizmów nowego pojazdu i ewentualnym usuwaniem zauważonych niesprawności. W okresie docierania pojazdu wszelkie czynności regulacyjne wykonuje się znacznie częściej niż w późniejszym okresie eksploatacji pojazdu.

8.1.2 Obsługa codzienna

Obsługa codzienna pojazdu obejmuje czynności wykonywane przed wyjazdem na trasę oraz po powrocie do miejsca garażowania.

Przed wyjazdem na trasę należy:

- Sprawdzić wzrokowo stan ogumienia oraz co kilka dni zmierzyć ciśnienie w ogumieniu wszystkich kół. Pomiar ciśnienia jest wtedy miarodajny, gdy opony nie są rozgrzane jazdą ani działaniem promieni słonecznych. W razie stwierdzenia odchylenia wartości ciśnienia od wskazań fabrycznych należy je bezwzględnie skorygować. Ciśnienie nieprawidłowe zmniejsza trwałość ogumienia.
- Sprawdzić poziom oleju w silniku. Poziom jest prawidłowy, gdy jego ślad znajduje się między kreskami naciętymi na wskaźniku oleju. Zbyt niski poziom jest niedopuszczalny, ale nadmierna ilość oleju w silniku również nie jest wskazana.
- Sprawdzić poziom cieczy w chłodnicy. Pojawiające się jednorazowe niewielkie ubytki cieczy należy uzupełnić. Dużych i powtarzających się ubytków nie wolno lekceważyć, ponieważ ich przyczyną może być poważne uszkodzenie silnika.
- Sprawdzić zapas paliwa.
- Sprawdzić, czy nie występują wycieki z układu chłodzenia oraz z silnika, skrzynki biegów i tylnego mostu; ewentualne wycieki pozostawiają ślady na nawierzchni pod samochodem.
- Uruchomić i przez kilkanaście sekund nagrzewać silnik na biegu jałowym; wyłączyć „zasysanie” jak najszybciej.
- Podczas nagrzewania silnika sprawdzić działanie instalacji oświetleniowej i sygnalizacyjnej.

- Po ruszeniu sprawdzić działanie układu hamulcowego przez chwilowe, intensywne przyhamowanie; należy uważać, by manewr taki nie zakłócił bezpieczeństwa na drodze.

Po powrocie do miejsca garażowania zaleca się od razu przygotować pojazd do wyjazdu w dniu następnym. Należy bezwzględnie sprawdzić działanie tych mechanizmów, których niesprawność sygnalizowały objawy zauważone w czasie jazdy (nietypowe dźwięki, zgrzyty itp.). Zalecane jest umycie pojazdu, a przede wszystkim staranne umycie szyb, zwłaszcza przedniej. Codziennie wskazane jest także przetarcie reflektorów, lamp pozycyjnych oraz tablic rejestracyjnych.

8.1.3 Obsługa silnika

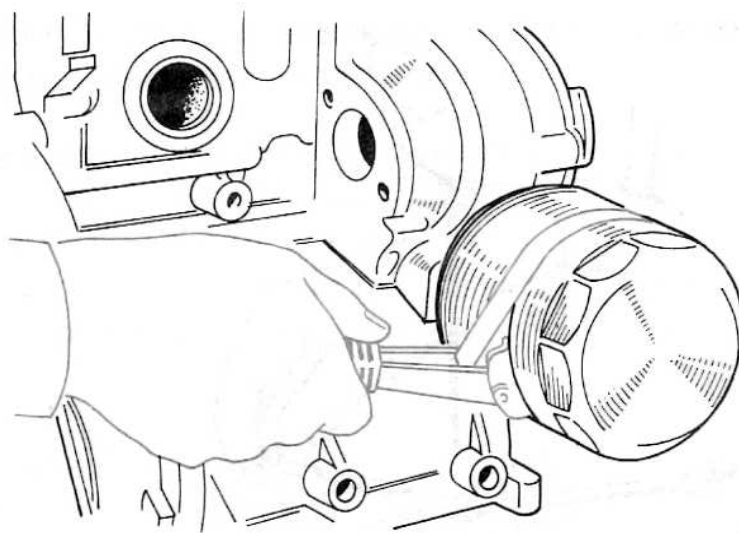
Zakres czynności. Podstawowymi czynnościami obsługi silnika są:

- wymiana oleju,
- regulacja luzów zaworowych,
- wymiana lub oczyszczenie filtra powietrza,
- regulacja napięcia paska klinowego napędu pompy cieczy chłodzącej lub dmuchawy,
- regulacja gaźnika.

Wymiana oleju. Olej krążący w układzie olejenia silnika unosi z sobą zanieczyszczenia, na które składają się cząstki metalu ścierane z powierzchni współpracujących części oraz stałe produkty spalania (osad węglowe). Znaczna część tych zanieczyszczeń jest wychwytywana przez fitry oleju. Z czasem przepustowość elementów filtrujących maleje i coraz więcej zanieczyszczeń pozostaje w oleju. W silniku olej jest jednocześnie poddawany ciągłym zmianom temperatury, rozcieńczany resztkami paliwa przedostającego się przez nieszczelności tłoków do miski oleju (szczególnie gdy silnik jest zimny) oraz podlega procesowi starzenia się. Wszystko to sprawia, że niezbędna jest okresowa wymiana oleju.

W silnikach samochodowych olej wymienia się na ogół po przebiegu wynoszącym 5÷10 tysięcy kilometrów lub co pół roku.

Dokładne warunki wymiany oleju są podane w instrukcji obsługi samochodu. Wymiana polega na spuszczeniu zużytego oleju z miski przez korek umieszczony w jej dolnej części oraz nalaniu odpowiedniej ilości nowego oleju. Zaleca się spuszczenie oleju wkrótce po powrocie z trasy, wtedy bowiem olej jest rozgrzany, rzadszy, a więc łatwo ścieka z miski oraz szybko spływa po



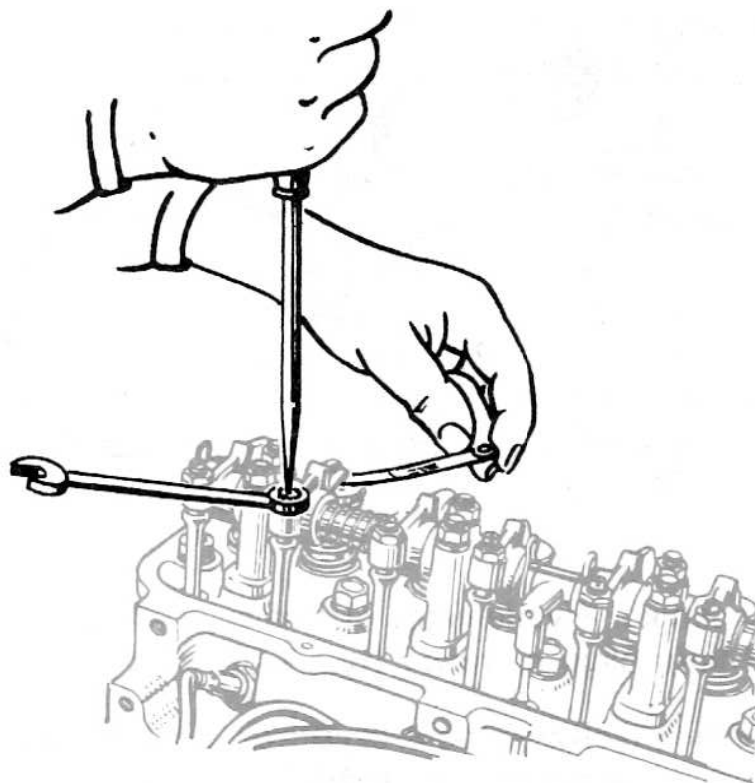
Rys. 8.2
Sposób odkręcania filtra oleju

ściankach wewnątrz silnika. Wymieniając olej należy jednocześnie wymienić wkład filtra oleju na nowy (rys. 8.2).

Filtry nie mające wymiennych wkładów czyści się po ich rozebraniu, lecz czynność ta nie towarzyszy każdej wymianie oleju. Częstotliwość czyszczenia filtrów oleju jest określona w instrukcji obsługi.

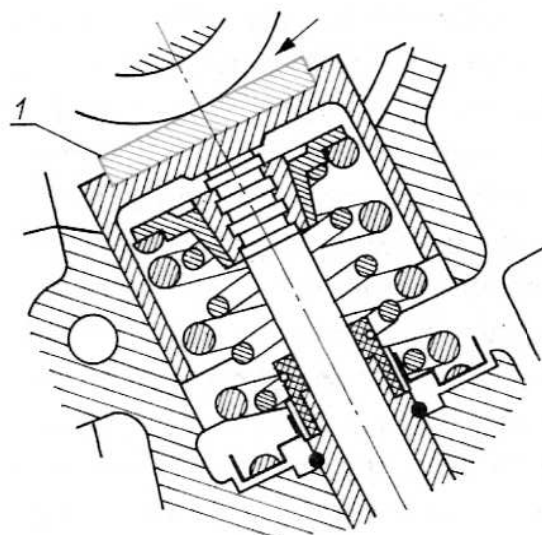
Regulacja luzów zaworowych. Podczas pracy silnik nagrzewa się, a wraz z nim nagrzewają się elementy mechanizmu rozrządu. Wraz ze wzrostem temperatury rośnie długość nagrzewanych elementów. Największym zmianom długości ulegają zawory, jako elementy narażone na działanie wysokiej temperatury panującej w komorze spalania. Zjawisko wydłużania się elementów mechanizmu zaworowego w miarę nagrzewania się silnika powoduje konieczność pozostawienia pewnego niewielkiego luzu między trzonkiem zaworu i współpracującym z nim elementem. W zimnym silniku luz ten zazwyczaj wynosi $0,2 \div 0,3$ mm, a po nagrzaniu jego wartość ulega zmniejszeniu. Wartości luzów są podane w instrukcji obsługi samochodu. W czasie pracy silnika stopniowo zużywają się powierzchnie współpracujących ze sobą elementów mechanizmu rozrządu, czego objawem jest wzrost luzów zaworowych. Aby luzy te utrzymać w dopuszczalnych granicach, należy okresowo dokonywać ich regulacji. Sposób regulacji luzów zaworowych zależy od konstrukcji mechanizmów rozrządu i jest podany w fabrycznej instrukcji obsługi. W najczęściej spotykanych mechanizmach rozrządu regulacji luzu zaworowego (rys. 8.3) dokonuje się za pomocą śrub regulacyjnych umieszczonych w dźwigienkach zaworowych, stykających się z drążkami popychaczy. W celu dokonania tej regulacji należy:

- obracając wał korbowy silnika ustawić obydwa zawory (dolotowy i wylotowy) danego cylindra w położeniu zamkniętym;



Rys. 8.3
Sposób regulacji luzów
zaworowych [16]

- sprawdzić wstępnie luz zaworowy wkładając odpowiedniej grubości blaszkę szczelinomierza między trzonek zaworu i dźwigienkę zaworową;
- zluźnić nakrętkę śruby regulacyjnej, a następnie, używając wkrętaka, wyregulować luz; blaszka szczelinomierza powinna przesuwаться swobodnie, z lekkim oporem;
- zabezpieczyć śrubę regulacyjną przez zaciśnięcie nakrętki, po czym ponownie sprawdzić prawidłowość regulacji;
- te same czynności wykonać kolejno dla wszystkich cylindrów.



Rys. 8.4
Regulacja luzu zaworowego za pomocą płytek regulacyjnych
1 — płytka regulacyjna

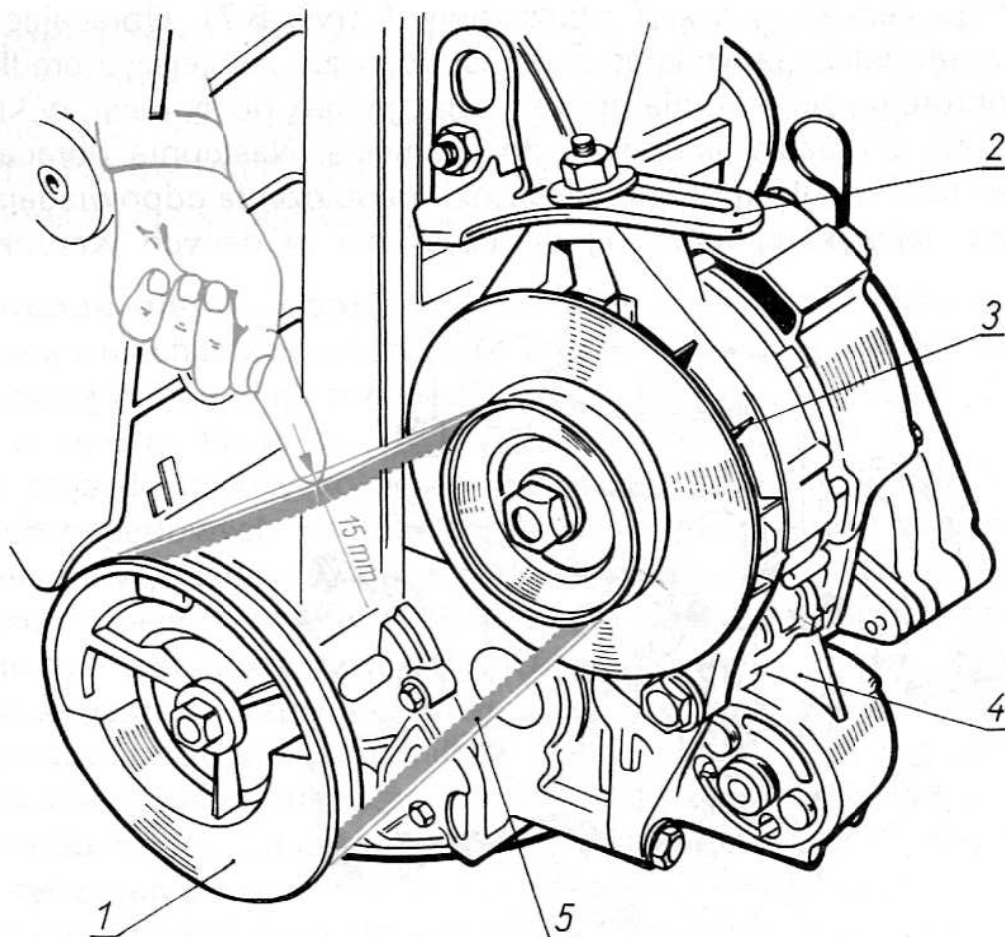
W mechanizmach rozrządu, w których wałek rozrządu jest usytuowany bezpośrednio nad zaworami (rys. 2.47c), regulacji luzów dokonuje się przez wymianę płytek regulacyjnych znajdujących się między krzywkami wałka rozrządu a popychaczami (rys. 8.4). W tym celu należy dysponować zestawem płytek regulacyjnych o różnej grubości.

Coraz częściej mechanizmy rozrządu są wyposażone w urządzenia do samoczynnej kompensacji luzów zaworowych. Takie mechanizmy w ogóle nie wymagają regulacji.

Wymiana wkładu filtra powietrza. Wkłady te wymienia się po przebiegu wynoszącym 10 ÷ 20 tysięcy kilometrów, zgodnie

z zaleceniami wytwórni. Filtry powietrza bez wymiennych wkładów należy okresowo oczyścić po ich rozebraniu.

Regulacja napięcia paska klinowego. Pasek klinowy zwykle napędza prądnicę i pompę cieczy chłodzącej lub — w silnikach chłodzonych powietrzem — prądnicę i dmuchawę układu chłodzenia. W miarę upływu czasu wydłuża się on nieco. Niezbędne jest zatem jego okresowe sprawdzanie i korygowanie napięcia.

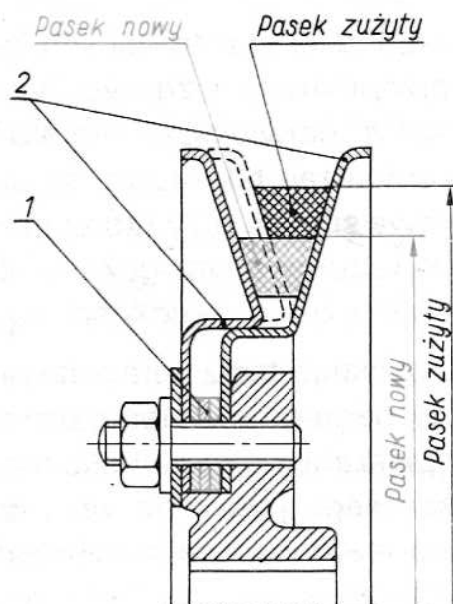


Rys. 8.5

Przykład sprawdzania i regulacji napięcia paska klinowego

1 — koło pasowe wału korbowego, 2 — listwa regulacji napięcia paska, 3 — koło pasowe alternatora, 4 — wspornik zawieszenia alternatora, 5 — pasek klinowy

Pasek jest napięty prawidłowo, jeżeli jego ugięcie pod naciskiem kciuka mierzone w połowie odległości między kołami pasowymi wynosi $12 \div 15$ mm (rys. 8.5). W praktyce stosuje się dwa sposoby regulacji: pierwszy polega na zmianie położenia jednego z kół pasowych (zwykle wraz z prądnicą), a drugi na zmianie łącznej grubości podkładek dystansowych 1, rozdzielających połówki dzielonego koła pasowego 2 (rys. 8.6).



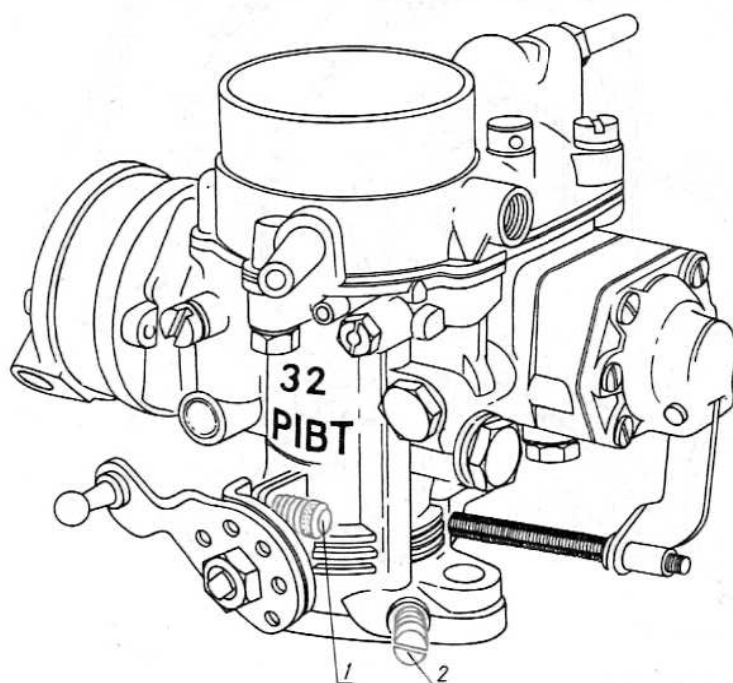
Rys. 8.6

Regulacja napięcia paska klinowego w drodze zmiany łącznej grubości podkładek dystansowych [8]

1 — podkładki, 2 — dzielone koło pasowe

Regulacja gaźnika. Gaźnik nowoczesnego samochodu jest urządzeniem tak złożonym, że jego regulacja bez pomocy specjalistycznych urządzeń diagnostycznych jest niemożliwa. Po naszych drogach jeździ jednak znaczna liczba starszych pojazdów, wyposażonych w gaźniki, których konstrukcja umożliwia zgrubną regulację prędkości biegu jałowego silnika oraz składu mieszanki na biegu jałowym.

Regulacja biegu jałowego (prędkości obrotowej na biegu jałowym) polega na zmianie położenia przepustnicy gaźnika. Do tego celu służy wkręt zderzakowy 1 (rys. 8.7). Obracając ten wkręt należy przymknąć przepustnicę (tzn. zmniejszyć prędkość obrotową silnika), nie dopuszczając jednak do sytuacji, w której silnik wykazuje skłonność do gaśnięcia. Następnie obraca się wkręt 2 regulacji składu mieszanki do położenia odpowiadającego największej możliwej do uzyskania w danych warunkach



Rys. 8.7
Wkręty do regulacji biegu jałowego silnika [16]
1 — wkręt zderzakowy,
2 — wkręt regulacyjny składu mieszanki

prędkości obrotowej silnika. Wtedy ponownie należy przymknąć przepustnicę i znowu wyregulować skład mieszanki do uzyskania największej prędkości obrotowej. Czynności te należy powtarzać tak długo, aż uzyska się najmniejszą prędkość obrotową silnika, przy której pracuje on jeszcze bez zakłóceń. Przy tak wyregulowanym gaźniku dalsze obracanie wkręta 2 nie powoduje wzrostu prędkości obrotowej silnika.

Pozostaje teraz sprawdzenie, czy silnik nie zatrzymuje się wskutek nagłego uchYLENIA przepustnicy. Jeżeli po gwałtownym przyspieszeniu biegu silnika nie powraca on niezawodnie do prędkości biegu jałowego, lecz wykazuje tendencję do zatrzymywania się, należy nieco zwiększyć prędkość obrotową biegu jałowego odpowiednio obracając wkręt 1.

Dokładnej regulacji składu mieszanki można dokonać na podstawie obserwacji wskazań podręcznego analizatora spalin, którego sondę umieszcza się w rurze wylotowej. Zawartość tlenku węgla (CO) w spalinach powinna się zawierać w granicach $3 \div 4,5\%$.

8.1.4 Obsługa podwozia

Wprowadzenie. W celu utrzymania sprawności technicznej mechanizmów podwozia niezbędne jest ich okresowe sprawdzanie oraz dokonywanie czynności regulacyjnych i obsługowych. Poniżej omówiono pokrótce najczęściej wykonywane czynności sprawdzające, regulacyjne i obsługowe.

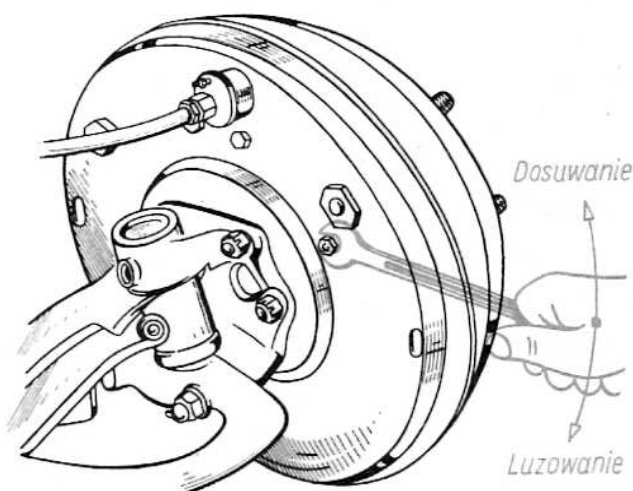
Wymiana olejów i smarów. Skrzynka biegów i przekładnia główna z mechanizmem różnicowym (tylny most) są napełniane określoną ilością oleju przekładniowego. Olej ten, podobnie jak olej w silniku, należy co pewien czas wymieniać. Jednak przebieg pojazdu między kolejnymi wymianami oleju w mechanizmach napędowych jest znacznie większy niż przebieg między kolejnymi wymianami oleju w silniku i wynosi zazwyczaj kilkadziesiąt tysięcy kilometrów. Wymiany olejów przekładniowych wygodnie jest dokonywać wkrótce po powrocie z trasy, gdy oleje są jeszcze rozgrzane, a więc rzadsze. Najczęściej należy sprawdzać poziom oleju w mechanizmach układu napędowego. Szczególnie niepożądane są wycieki oleju ze skrzynki biegów i tylnego mostu. Objawiają się one zwiększonym zaolejeniem zewnętrznych powierzchni tych mechanizmów oraz śladami oleju na nawierzchni drogi, widocznymi po kilkugodzinnym postoju pojazdu. W razie stwierdzenia większych ubytków oleju nie wystarcza uzupełnienie jego stanu, przede wszystkim należy znaleźć i usunąć przyczynę wycieków.

Poziom oleju należy sprawdzać okresowo również w przekładni kierowniczej.

W wielu samochodach niektóre połączenia ruchowe w zawieszeniu oraz w układach kierowniczym i napędowym wymagają okresowego smarowania smarem stałym. Elementy wymagające smarowania są wyposażone w smarowniczki, przez które — za pomocą smarownicy — wprowadza się nową porcję smaru do wnętrza połączenia ruchowego (przegubu, sworznia itp.). Stary smar zostaje wypchnięty na zewnątrz z drugiej strony. Smarowanie wykonuje się zwykle co kilka tysięcy kilometrów przebiegu pojazdu.

Obsługa i regulacja hamulca. Sygnałem informującym o konieczności regulacji ustawienia szczęk hamulcowych (w samochodach bez samoczynnej regulacji szczęk) jest zbyt duży skok jałowy pedału hamulca; pedał wpada głęboko, lecz w końcu skoku stawia zdecydowany, niesprężysty opór. Dzieje się tak wówczas, gdy zużycie okładzin ciernych szczęk hamulcowych pozostawia znaczne luzy między szczękami a bębnami hamulcowymi. Dociśnięcie szczęk do bębnów podczas hamowania wymaga wtedy znacznego ruchu szczęk, a tym samym znacznego skoku pedału hamulca. Ustawienie szczęk hamulcowych polega na przysunięciu ich do bębna.

Szczęki hamulcowe ustawia się za pomocą mimośrodowych lub śrubowych mechanizmów regulacyjnych. W uniesionym kole rozsuwa się szczęki tak, żeby zahamowały koło, a następnie



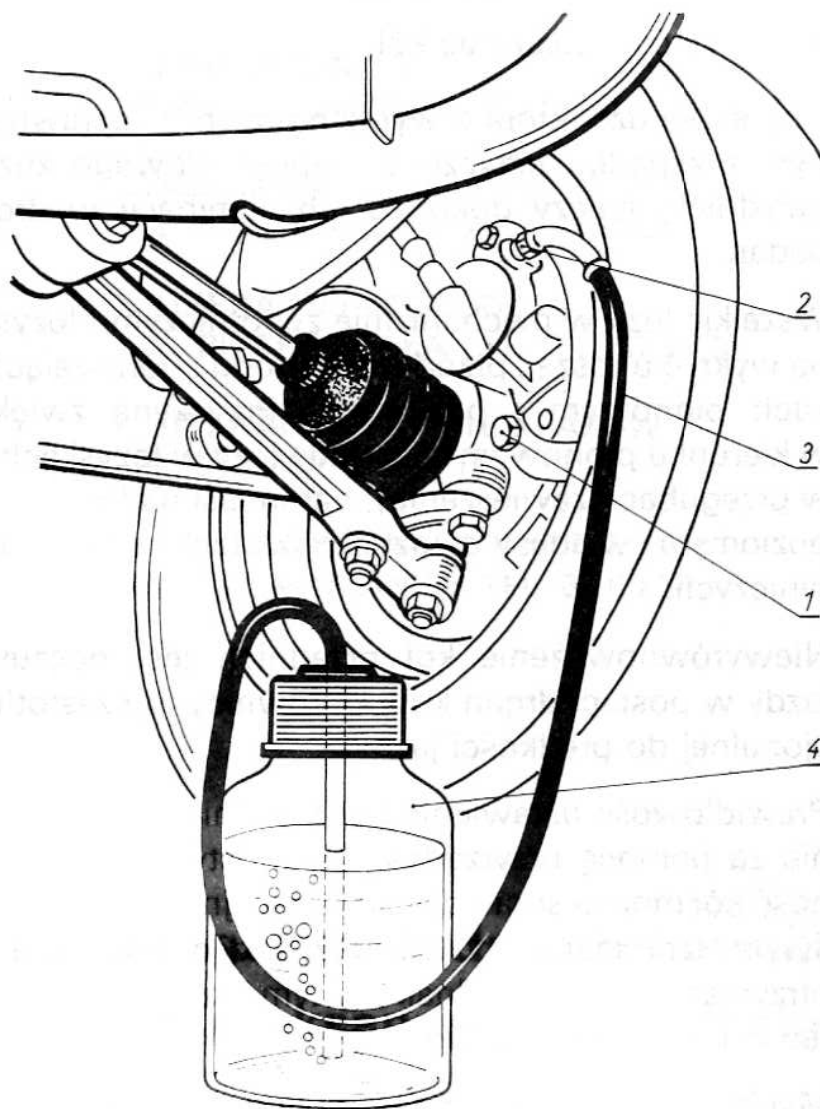
Rys. 8.8
Regulacja ustawienia
szczęk hamulca [16]

poluzowuje się je nieco, żeby przy obracaniu koła nieznacznie tylko ocierały się o bęben hamulca. Regulację należy wykonać kolejno w każdym kole samochodu (rys. 8.8).

Podstawową czynnością obsługową jest sprawdzanie ilości płynu hamulcowego w zbiorniczku pompy hamulcowej. W nowoczesnych samochodach zbiorniczki są przezroczyste, co ułatwia kontrolę ich napełnienia. Stopniowo obniżający się poziom płynu jest sygnałem, że w układzie wystąpiła nieszczelność. Jedynie bardzo powolne obniżanie się poziomu płynu jest zjawiskiem normalnym, wywoływanym zużywaniem się okładzin ciernych szczęk hamulcowych i regulacją ustawienia szczęk.

Nieszczelność układu hamulcowego powoduje jego zapowietrzenie. Objawem tego jest sprężyste ustępowanie pedału hamulca pod naciskiem (zamiast zdecydowanego oporu), co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia skuteczności hamulców. W takim przypadku bezwzględnie należy usunąć nieszczelność, a następnie odpowietrzyć układ hamulcowy.

Odpowietrza się kolejno cylinderki hamulcowe wszystkich kół samochodu, rozpoczynając od koła położonego najdalej od pompy hamulcowej. Gdy system hamulcowy jest dwuobwodowy, odpowietrza się kolejno każdy obwód. Na końcówkę odpowietrzającą cylinderka hamulcowego 2 (rys. 8.9) należy nałożyć przewód elastyczny 3, którego drugi koniec spoczywa



Rys. 8.9
Odpowietrzenie układu hamulcowego
1 — zacisk hamulca tarczowego, 2 — końcówka odpowietrznika, 3 — przewód elastyczny, 4 — przezroczyste naczynie z płynem hamulcowym

w przezroczystym naczyniu 4, częściowo wypełnionym płynem hamulcowym. Następnie należy energicznie nacisnąć pedał hamulca kilka razy ($3 \div 5$), w odstępach dwóch do trzech sekund. Utrzymując pedał wciśnięty należy odkręcić odpowietrznik o część obrotu, tak aby płyn hamulcowy wraz z zawartym w układzie powietrzem uchodził z układu. Odprowadzanie płynu przewodem elastycznym zanurzonym w naczyniu z płynem umożliwia obserwację bąbli powietrza uchodzącego z układu. Odpowietrznik należy zakręcić przy wciąż wciśniętym pedale hamulca. Czynności te należy powtarzać do chwili, gdy bąble powietrza przestaną się pokazywać w naczyniu. Podczas tych czynności należy uzupełniać płyn w zbiorniku pompy hamulcowej.

Zużycie opon kół przednich. Nadmierne i nieprawidłowe zużycie ogumienia przednich kół samochodu to objawy takich niesprawności układu jezdnego, jak:

- nadmierne luzy w łożyskach kół przednich,
- nadmierne luzy w przegubach mechanizmu zwrotniczego,
- niewłaściwe kąty ustawienia kół,
- niewłaściwa zbieżność kół,
- niewyrównoważenie kół.

Aby stwierdzić, która z wymienionych niesprawności jest w danym przypadku przyczyną nieprawidłowego zużycia opon kół przednich, należy dokonać ich eliminacji w drodze kolejnych badań.

Wszelkie luzy w mechanizmie zwrotniczym i łożyskach kół można wykryć unosząc przód samochodu i poruszając koło w kierunkach pionowym i poziomym. Przyczyną zwiększonego luzu w kierunku pionowym są zwykle luzy w łożyskach (czasem także w przegubach zawieszenia), natomiast nadmierny luz w kierunku poziomym świadczy o zużyciu sworzni kulistych drążków kierowniczych.

Niewyrównoważenie kół przednich jest odczuwane podczas jazdy w postaci drgań koła kierownicy, o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości jazdy.

Prawidłowość ustawienia kół przednich można sprawdzić jedynie za pomocą przyrządów diagnostycznych. Natomiast zbieżność kół można sprawdzić orientacyjnie mierząc (np. nierozciągliwym sznurkiem) ich rozstaw przed i za osią i porównując otrzymane wyniki. Jednak i w tym przypadku lepiej jest skorzystać z usług stacji obsługi.

Mycie podwozia ma istotny wpływ na jego trwałość. Zabieg ten szczególnie dokładnie należy wykonać po sezonie zimowym, kiedy to elementy podwozia i spód nadwozia są pokryte warstwą błota z solą, ogromnie przyspieszającą korozję.

8.1.5 Obsługa nadwozia

Obsługa nadwozia w zasadzie sprowadza się do mycia jego powierzchni zewnętrznych i czyszczenia wnętrza. W utrzymaniu właściwego stanu powłoki lakierowej bardzo pomocne są różnorakie środki czyszczące oraz pasty polerujące z dodatkiem wosku. Pokrycie co pewien czas nadwozia cienką warstewką pasty skutecznie przeciwdziała przywieraniu brudu, ułatwia mycie oraz