

PODSTAWOWE DEFINICJE I PODZIAŁ POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Pojazdy samochodowe

- a) Pojazdy przeznaczone do przewozu osób
 - samochody osobowe
 - autobusy
 - motocykle
- b) Samochody ciężarowe
- c) Ciągniki samochodowe
 - siodłowe
 - balastowe
- d) Pojazdy specjalnego przeznaczenia

Definicje

a) Pojazd silnikowy

- pojazd wyposażony w silnik, z wyjątkiem motoroweru i pojazdu szynowego

b) Pojazd samochodowy

- pojazd silnikowy, którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością ponad 25 km/h, z wyłączeniem ciągników rolniczych

c) Samochód osobowy

- pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu nie więcej niż 9 osób łącznie z kierowcą oraz ich bagażu

Definicje

a) Autobus

- pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu więcej niż 9 osób łącznie z kierowcą

b) Motocykl

- pojazd samochodowy jednośladowy lub wielośladowy z wózkiem bocznym

Definicje

a) Samochód ciężarowy

- pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu ładunków

b) Pojazd specjalnego przeznaczenia

- pojazd przystosowany do wykonywania ściśle określonych zadań, wyposażony w nadwozie dostosowane do funkcji, jaką ma spełnić
 - pojazd specjalizowany (*cysterna, chłodnia, betonomieszarka*)
 - pojazd specjalny (*śmieciarka, ambulans, straż pożarna*)

Definicje

a) Ciągnik samochodowy

- pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie wyłącznie do ciągnięcia przyczepy (balastowy) lub naczepy (siodłowy)

b) Ciągnik rolniczy

- pojazd silnikowy przeznaczony do prac rolnych, leśnych lub ogrodniczych łącznie ze sprzętem specjalistycznym

c) Pojazd członowy

- zespół pojazdów składający się z pojazdu silnikowego złączonego z naczepą

Kryteria podziałów pojazdów

- a) ładowność (zdolność przewozowa)
- b) rodzaj nadwozia
- c) liczba przewożonych osób
- d) rodzaj, moc silnika i sposób jego umiejscowienia
- e) usytuowanie mechanizmów napędowych
- f) liczba napędzanych osi

ZADANIA I OGÓLNA BUDOWA UKŁADÓW KONSTRUKCYJNYCH PODWOZIA

Budowa pojazdu

a) nadwozie

- zewnętrzna obudowa pojazdu

b) jednostka napędowa

c) podwozie

- składa się z układów funkcjonalnych, które
 - przenoszą moment obrotowy i moc jednostki napędowej na koła pojazdu
 - łączą koła z nadwoziem
 - prowadzą pojazd

Definicje

a) Układ funkcjonalny

- zbiór elementów realizujących to samo zadanie
- np. układ hamulcowy, kierowniczy

b) Zespół

- zorganizowany (uporządkowany) zbiór elementów składowych stanowiących gotowy wyrób
- np. sprzęgło, skrzynka biegów

c) Podzespół

- podzielna lub niepodzielna część zespołu
- np. tarcza sprzęgła, zacisk hamulca

Definicje

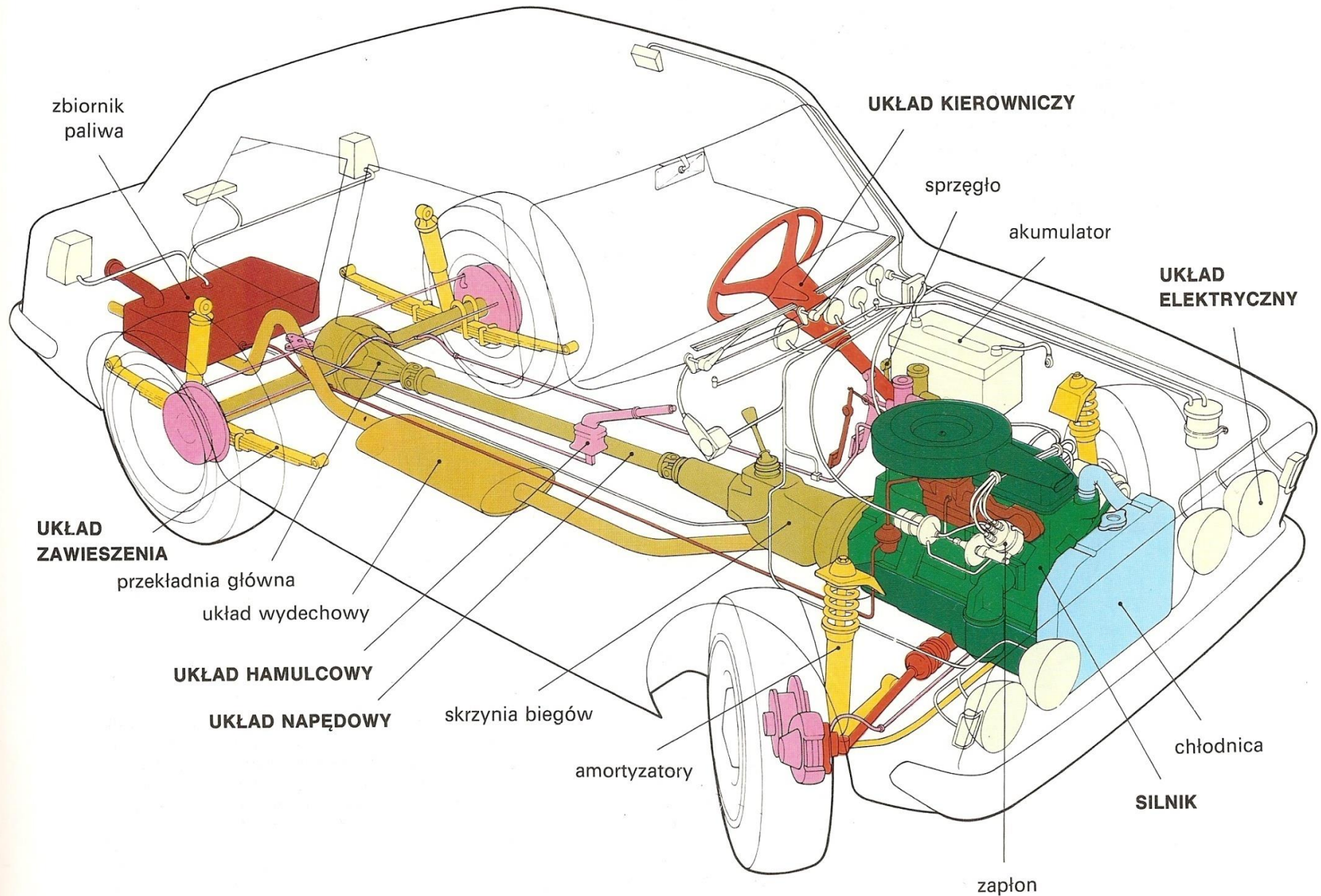
a) Element

- niepodzielna część zespołu lub podzespołu
- np. wałek, koło zębate

b) Para kinematyczna

- połączenie ruchowe dwóch elementów
- np. przegub kulowy, czop i panewka łożyska

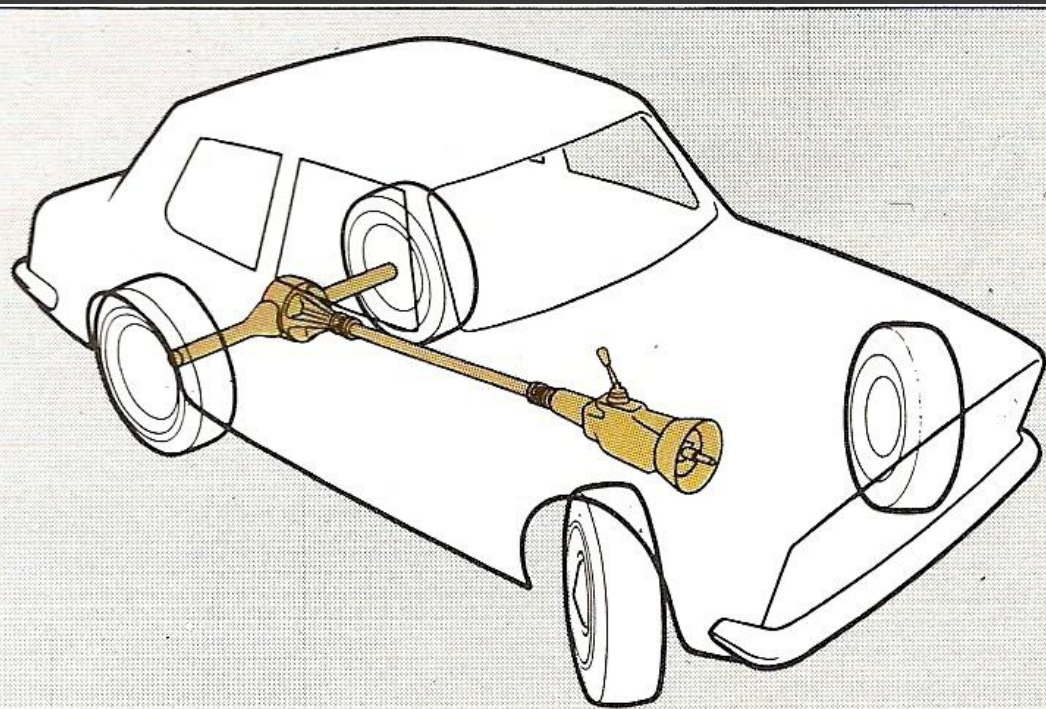
Główne układy podwozia



Główne układy podwozia

a) Układ przeniesienia napędu

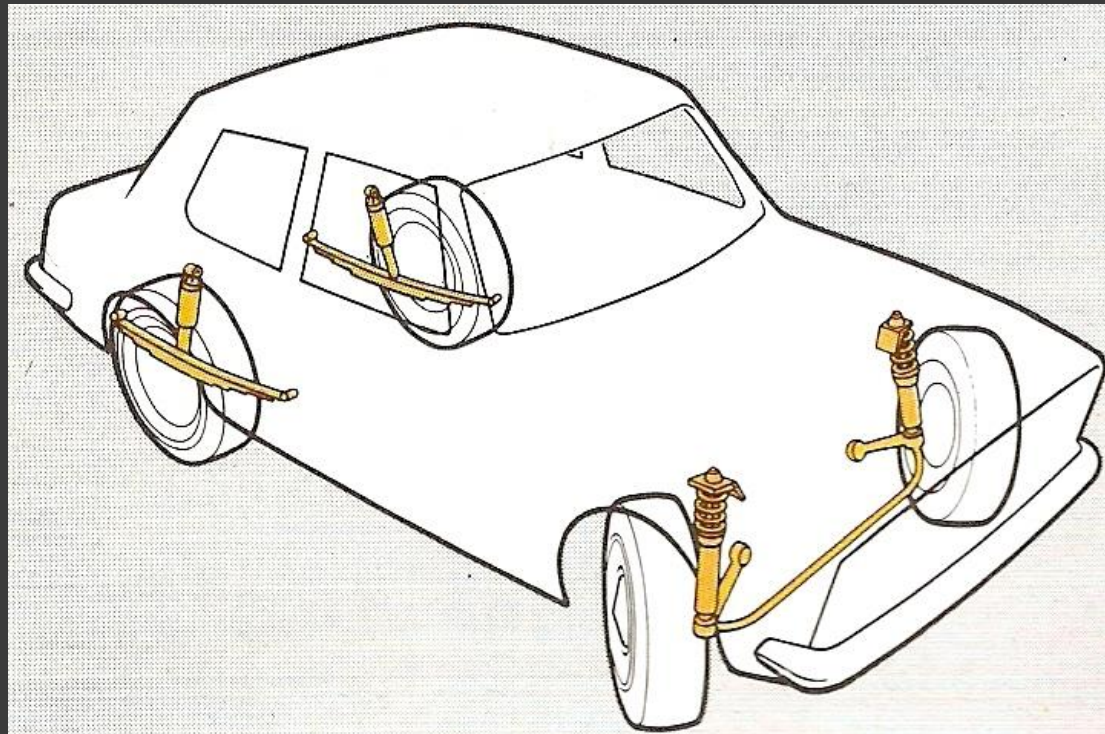
- sprzęgło
- skrzynka biegów
- wał napędowy
- przekładnia główna
- mechanizm różnicowy
- półosie
- piasty kół



Główne układy podwozia

b) Układ nośny i jezdny

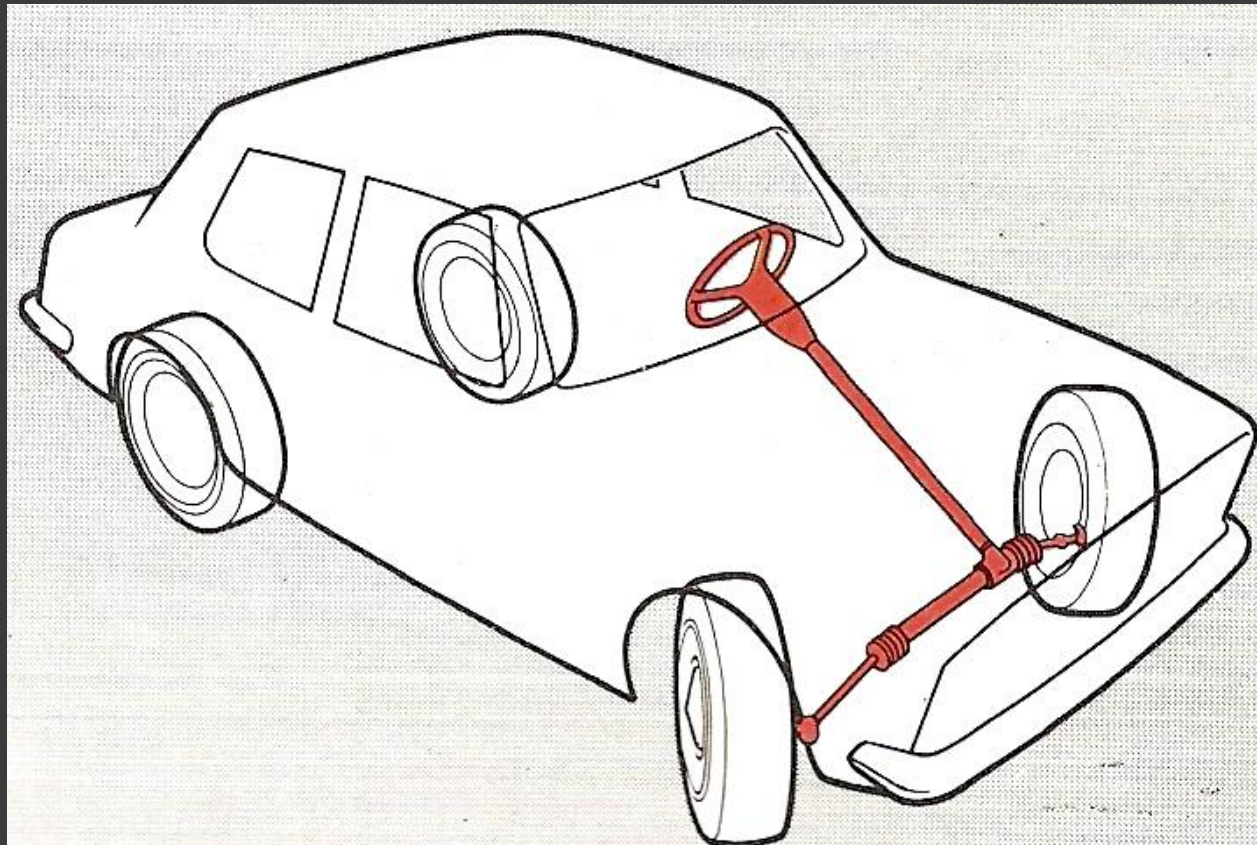
- rama lub konstrukcja samonośna nadwozia
- zawieszenie
 - elementy prowadzące
 - elementy sprężyste
 - elementy tłumiące
- koła jezdne



Główne układy podwozia

c) Układ kierowniczy

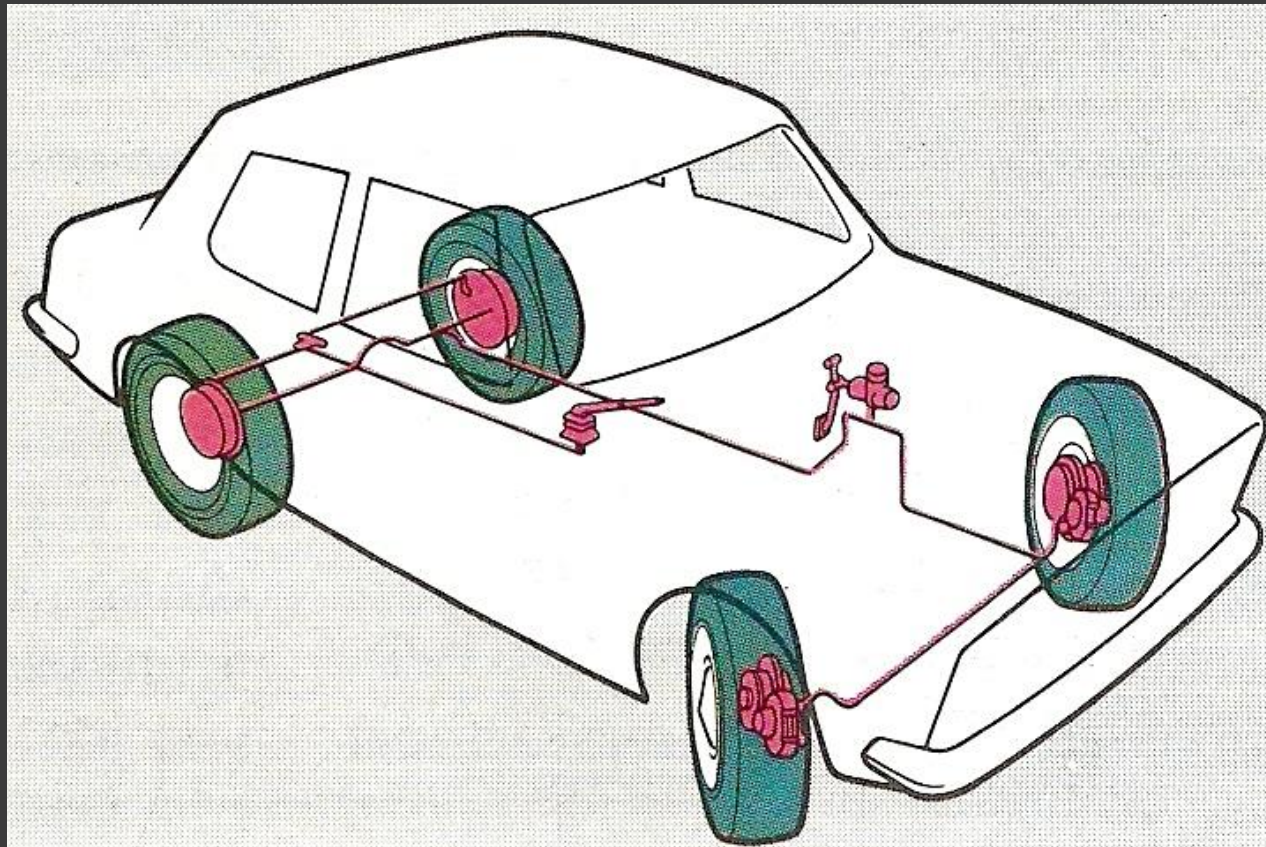
- mechanizm kierowniczy
- mechanizm zwrotniczy



Główne układy podwozia

d) Układ hamulcowy

- mechanizm hamulcowy
- mechanizm uruchamiania hamulca



UKŁAD KONSTRUKCYJNY SILNIKA TŁOKOWEGO

Podział silników tłokowych

Tłokowe silniki
spalinowe

```
graph TD; A[Tłokowe silniki spalinowe] --> B[czterosuwowe]; A --> C[dwusuwowe];
```

czterosuwowe

dwusuwowe

czterosuwowe



```
graph TD; A[czterosuwowe] --> B[ZI]; A --> C[ZS]; B --> D[na paliwo ciekłe]; B --> E[na paliwo gazowe]; D --> F[gaźnikowe]; D --> G[wtryskowe]; E --> H[mieszalnikowe]; E --> I[wtryskowe]; C --> J[wtrysk pośredni]; C --> K[wtrysk bezpośredni];
```

ZI

ZS

na paliwo
ciekłe

na paliwo
gazowe

wtrysk
pośredni

gaźnikowe

mieszalnikowe

wtrysk
bezpośredni

wtryskowe

wtryskowe

czterosuwowe

```
graph TD; A[czterosuwowe] --> B[wolnossące]; A --> C[doładowane];
```

wolnossące

doładowane

Główne zespoły i układy silnika

Główne zespoły i układy silnika

a) kadłub

- główna obudowa silnika

b) głowica

- zamyka od góry przestrzeń roboczą silnika

c) układ korbowy

- zamienia ruch posuwisty tłoka na ruch obrotowy wału korbowego

d) układ rozrządu

- odpowiada za wymianę ładunku w cylindrze

e) układ zasilania

- dostarcza w odpowiednich ilościach paliwo

Główne zespoły i układy silnika

f) układ smarowania

- dostarcza olej między współpracujące części silnika

g) układ chłodzenia

- utrzymuje odpowiednią temperaturę silnika

h) układ dolotowy

- zapewnia najkorzystniejsze warunki napełniania cylindrów świeżym ładunkiem

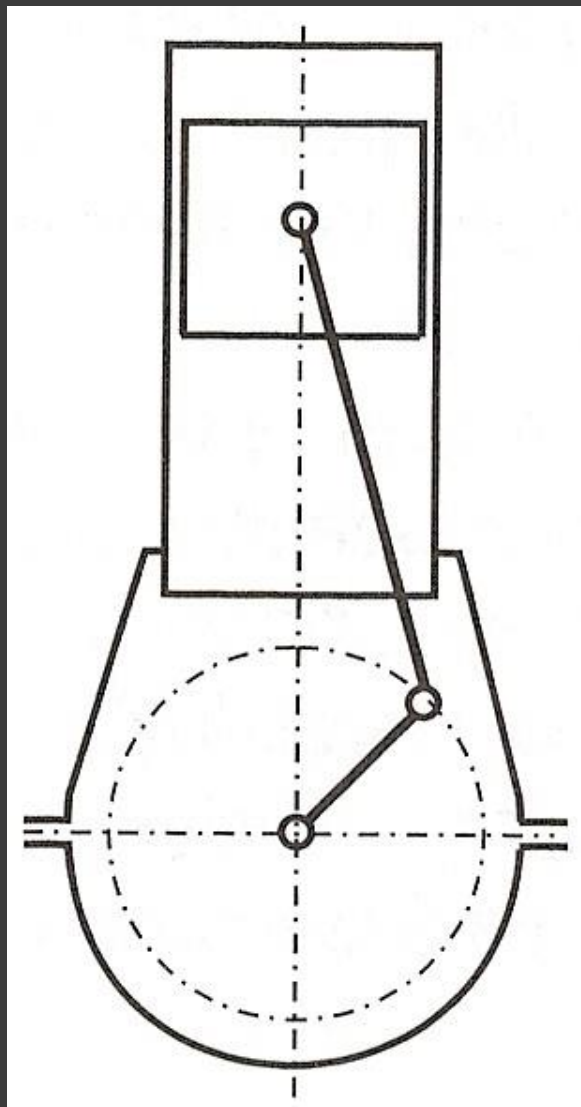
i) układ wylotowy

- odprowadza spaliny z silnika z jak najmniejszymi oporami przepływu

j) osprzęt elektryczny

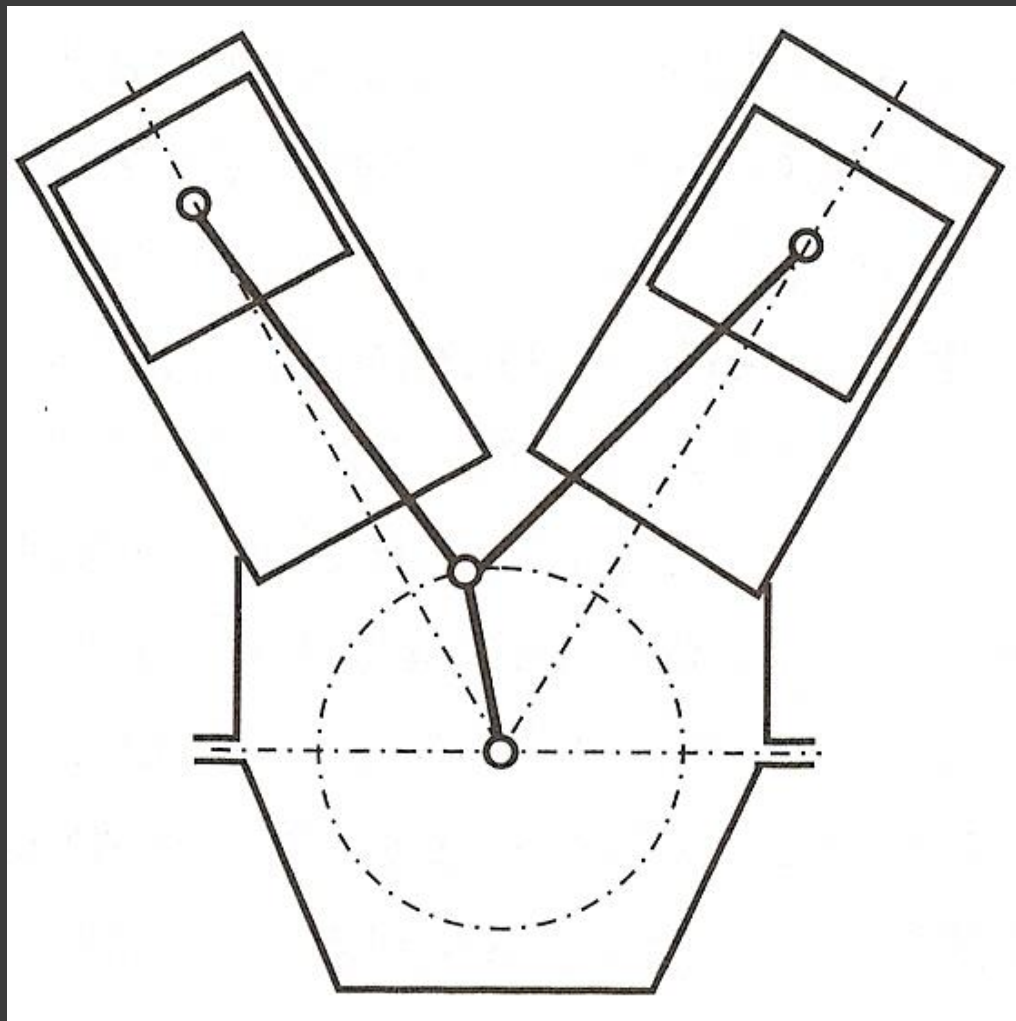
Podział silników

a) rzędowe



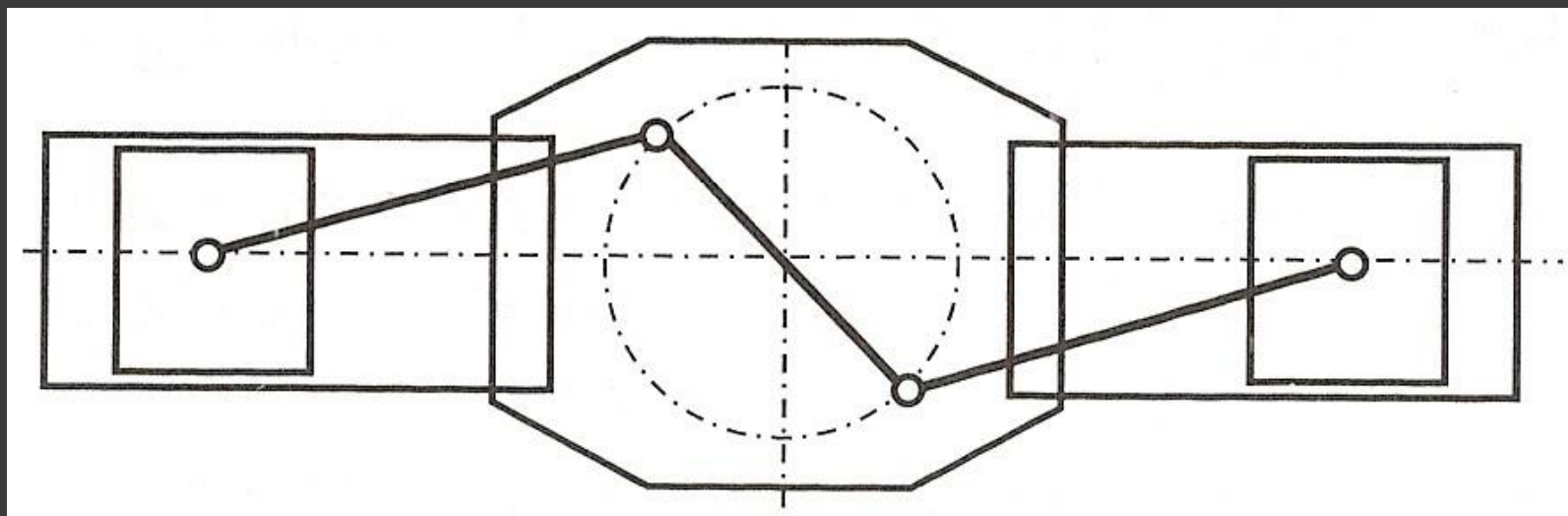
Podział silników

- a) rządowe
- b) widlaste



Podział silników

- a) rządowe
- b) widlaste
- c) typu bokser



ZASADA DZIAŁANIA SILNIKA CZTEROSUWOWEGO I DWUSUWOWEGO

Procesy zachodzące w silniku

- a) napełnianie cylindra powietrzem lub mieszkanką paliwowo-powietrzną
- b) sprężanie zamkniętego w cylindrze ładunku
- c) spalanie sprężonej mieszanki
- d) rozprężanie spalin powstałych w wyniku spalania paliwa
- e) usuwanie spalin z cylindra

Suwy silnika czterosuwowego

a) suw dolotu (napełniania, ssania)

- tłok przesuwa się w dół
- zawory dolotowe otwarte
- zawory wylotowe zamknięte

b) suw sprężania

- tłok przesuwa się do góry
- wszystkie zawory zamknięte

Suwy silnika czterosuwowego

c) suw rozprężania (pracy)

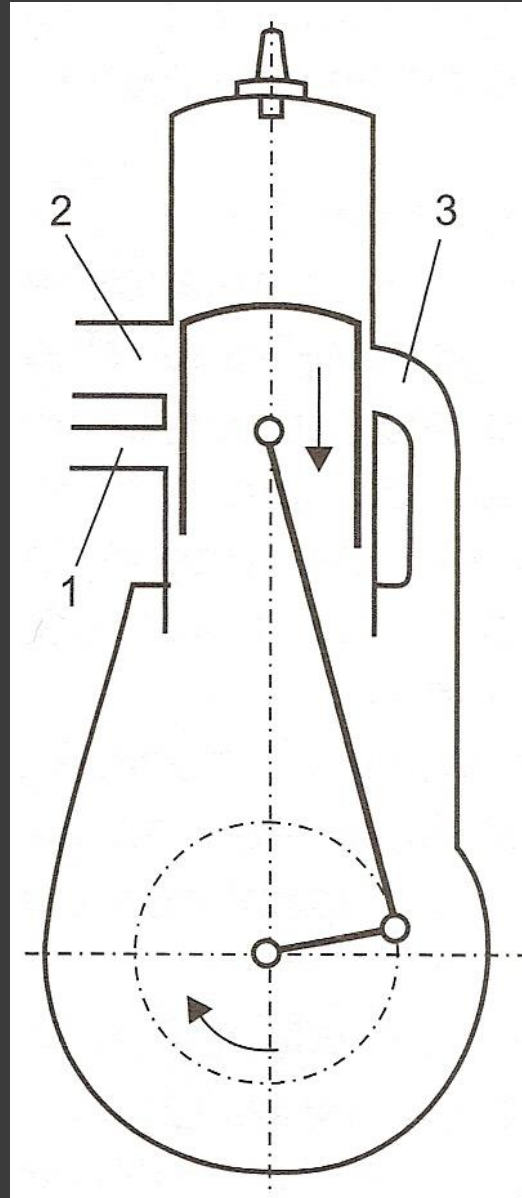
- tłok przesuwają się w dół
- wszystkie zawory zamknięte

d) suw wylotu (wydechu)

- tłok przesuwają się do góry
- zawory dolotowe zamknięte
- zawory wylotowe otwarte

Suwy silnika dwusuwowego

- a) suw sprężania
- b) suw rozprężania



PALIWA SILNIKOWE

Rodzaje paliw

a) paliwa konwencjonalne

- benzyny silnikowe
- oleje napędowe

b) paliwa alternatywne

Benzyny silnikowe

Cechy benzyn

a) lotność

- skłonność do parowania

b) liczba oktanowa

- określa właściwości przeciwstukowe

c) gęstość

- ok. $0,75 \text{ kg/dm}^3$ w temp. 15°C

d) wartość opałowa

- benzyny – ok. 43 MJ/kg
- mieszanki – ok. 3700 kJ/m^3

e) trwałość chemiczna

Lotność benzyn

a) zbyt duża

- nadmierne wzbogacenie mieszanki
- oblodzenie miejsca dostarczania paliwa do układu dolotowego (w niskich temperaturach)
- powstawanie korków parowych w przewodach paliwa
- zakłócenia pracy układu odpowietrzania zbiornika paliwa
- zwiększenie strat benzyny podczas jej magazynowania
- wzrost zanieczyszczenia środowiska

b) zbyt mała

- problemy z uruchomieniem silnika i jego równomierną pracą podczas nagrzewania

Liczba oktanowa (LO)

- odporność na spalanie stukowe w silniku samochodu osobowego podczas jazdy
- wartość – 0-120

Metody otrzymywania benzyny o zadanej LO

- a) metoda technologiczna – zmieszanie w odpowiednich proporcjach produktów przeróbki ropy naftowej
- b) dodawanie substancji przeciwstukowych (antydetonatorów)
 - alkohol etylowy (etanol)
 - eter metylo-tetr-butyłowy (MTBE)
 - eter etylo-tetr-butyłowy (ETBE)

Oleje napędowe

Cechy olejów

a) gęstość

- ok. $0,85 \text{ kg/dm}^3$ w temp. 15°C

b) lepkość

c) właściwości niskotemperaturowe

d) lotność

- skłonność do parowania

e) liczba cetanowa

- zdolność do samozapłonu

f) wartość opałowa

- oleju – ok. 43 MJ/kg
- mieszanki – ok. 3700 kJ/m^3

Właściwości niskotemperaturowe

a) temperatura mętnienia

- początek wydzielania pierwszych kryształów parafin

b) temperatura zablokowania zimnego filtra paliwa

- 0°C – dla oleju napędowego letniego
- - 10°C – dla oleju napędowego przejściowego
- - 20°C – dla oleju napędowego zimowego
- - 44°C – dla oleju napędowego arktycznego

Liczba cetanowa (LC)

- porównanie spalania w silniku wzorcowym badanego paliwa i paliwa wzorcowego (mieszanina cetanu i α -metylnaftalenu)
- wartość – 45-55
- zależność między LO i LC

$$LC = 0,5 * (120 - LO)$$

Paliwa alternatywne

Paliwa alternatywne

a) paliwa gazowe

- LPG
- CNG
- wodór

b) alkohole

c) oleje roślinne i estry wyższych kwasów tłuszczowych

LPG

- skroplony gaz węglowodorowy
- *liquified petroleum gas*
 - propan + butan + etan
 - skraplanie w temp. – 40°C lub ciśnieniu 0,2 MPa
 - wartość opałowa ok. 20% mniejsza niż benzyny
 - LO = 105-110

Cechy LPG

a) zalety

- duża LO
- łatwe mieszanie z powietrzem
- czystsze spalanie
- nierozcieńczanie oleju silnikowego
- mniej toksyczne spaliny

b) wady

- nie chłodzi zaworów dolotowych
- wyższa temperatura spalania
- większe zużycie paliwa
- mniejsza moc i moment obrotowy silnika

CNG

- sprężony gaz ziemny
- *compressed natural gas*
 - metan (85-99%), etan, propan, butan
 - ciśnienie 20 MPa
 - wartość opałowa ok. 20% mniejsza niż benzyny
 - LO = 130

Cechy CNG

a) zalety

- duża LO
- czyste spalanie
- niewymywanie filmu olejowego ze ścianek cylindra
- większe bezpieczeństwo eksploatacji

b) wady

- konieczność wysokiego sprężania
- większe zużycie paliwa
- mniejsza moc i moment obrotowy silnika

Alkohole

a) metanol (CH_3OH)

- z gazu ziemnego, węgla kamiennego, drewna, torfu, odpadów organicznych (biomasy)

b) etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

- z ziemniaków, zboża

Cechy alkoholi

a) zalety

- duża odporność na spalanie stukowe
- możliwość pracy silnika przy większej prędkości obrotowej lub mniejszym kącie wyprzedzenia zapłonu
- możliwość zasilania ubogimi mieszankami

b) wady

- większe zużycie paliwa
- utrudnione uruchamianie zimnego silnika
- skłonność do tworzenia korków parowych

Podstawowe parametry metanolu, etanolu i benzyny silnikowych

Paliwo	Metanol	Etanol	Benzyna silnikowa
Skład (% masy):			
– węgiel	37,5	52,0	85...89
– wodór	12,5	13,0	12...15
– tlen	50,0	35,0	0...2,7
Gęstość w temp. 15°C (kg/m³)	796	793	720...760
Wartość opałowa (MJ/kg)	19,5	26,8	43
(MJ/dm³)	15,7	21,2	31,5
Wartość opałowa mieszanki stechiometrycznej (kJ/m³)	3860	3850	3700
Ciepło parowania (kJ/kg)	1100	910	350...380
Temperatura wrzenia (°C)	64,7	78,3	30...215
Prężność par (kPa)	32	16–18	45...105
Liczba oktanowa LOB	107	108	95...98
Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza (kg pow./kg pal.)	6,52	9,0	14,8
Dolna granica zapalności mieszanki z powietrzem (% obj.)	1,92	2,06	1,16
Maksymalna prędkość spalania mieszanki (m/s)	55	55	40
Temperatura zapłonu (w zamkniętym tyglu) (°C)	11,2	12,9	– 43
Granice zapalności w mieszaninie z powietrzem (% obj.)	3,5...40	4,3...19	1,4...7,6

Cechy mieszanin benzynowo-alkoholowych

a) zalety

- lepsza odporność na spalanie stukowe
- brak konieczności stosowania dodatków zapobiegających krystalizacji wody
- czystsze spaliny

b) wady

- większe zużycie paliwa
- możliwość rozwarstwienia mieszaniny w obecności wody i przy obniżeniu temperatury mieszaniny
- zwiększenie emisji tlenków azotu w spalinach
- większa agresywność korozyjna
- trudny rozruch zimnego silnika

Wodór

☉ zalety

- nieograniczone zasoby
- bardzo duża wartość opałowa
- łatwy rozruch, zasilanie ubogimi mieszankami
- mało szkodliwe spaliny

☉ wady

- bardzo mała gęstość
- bardzo wybuchowy
- trudności w przechowywaniu

Wodór

Główne parametry wodoru i benzyn silnikowych

Paliwo		Wodór	Benzyna silnikowa
Wartość opałowa	(MJ/kg) (MJ/m ³)	120 10,77	43 34 500
Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza	(kg pow. /kg pal.)	36,6	14,8
Wartość opałowa mieszanki stechiometrycznej	(MJ/m ³)	2,97...3,17	3,70
Liczba oktanowa	LOB	80	95...98
Gęstość w temp. 20°C	(kg/m ³)	0,084	720...750
Granice zapalności	(% obj.)	4...77	1,16...7
Prędkość spalania laminarnego	(m/s)	2,7...3,15	0,3...0,6
Temperatura samozapłonu	(°C)	585	480...550
Temperatura wrzenia	(°C)	−253	35...215
Minimalna energia zapłonu	(mJ)	0,02	0,24

PARAMETRY PRACY SILNIKA

Średnie ciśnienie obiegu

◎ średnie ciśnienie indykowane

- wielkość obliczeniowa charakteryzująca rzeczywisty obieg silnika

◎ średnie ciśnienie użyteczne

- charakteryzuje zdolność do wykonania pracy użytecznej przez silnik

Średnie ciśnienie indykowane

- stałe ciśnienie, które działając na tłok w czasie jednego suwu pracy wykona taką samą pracę, jak zmienne ciśnienie w cylindrze w czasie całego obiegu

$$p_i = \frac{L_i}{V_{ss}}$$

L_i – praca indykowana

V_{ss} – objętość skokowa silnika

- praca indykowana uzyskana z jednostki objętości skokowej silnika

Średnie ciśnienie użyteczne

- obliczeniowe ciśnienie gazów działających na tłok, które zachowując stałą wartość podczas całego suwu rozprężania, wykonałoby pracę równą pracy użytecznej jednego obiegu

$$p_e = \frac{L_e}{V_{ss}}$$

L_e – praca użyteczna

- pracę użyteczną (efektywną) określa się na kole zamachowym silnika

Średnie ciśnienie użyteczne

$$p_e = p_i \cdot \eta_m$$

η_m – sprawność mechaniczna

$p_e = 0,8-1,2$ MPa – silniki ZI niedoładowane

$p_e = 1,2-1,6$ MPa – silniki ZI doładowane

$p_e = 1,0-1,4$ MPa – silniki ZS doładowane

Prędkość obrotowa – n

➤ liczba obrotów wału korbowego silnika w jednostce czasu

a) prędkość obrotowa biegu jałowego

$$n = 600-900 \text{ obr/min}$$

b) maksymalna prędkość obrotowa

– silniki ZI

$$n = 5000-6000 \text{ obr/min}$$

– silniki ZS z wtryskiem bezpośrednim w samochodach osobowych

$$n = 4000-4500 \text{ obr/min}$$

– silniki ZS w samochodach ciężarowych

$$n = 1800-2500 \text{ obr/min}$$

Moment obrotowy

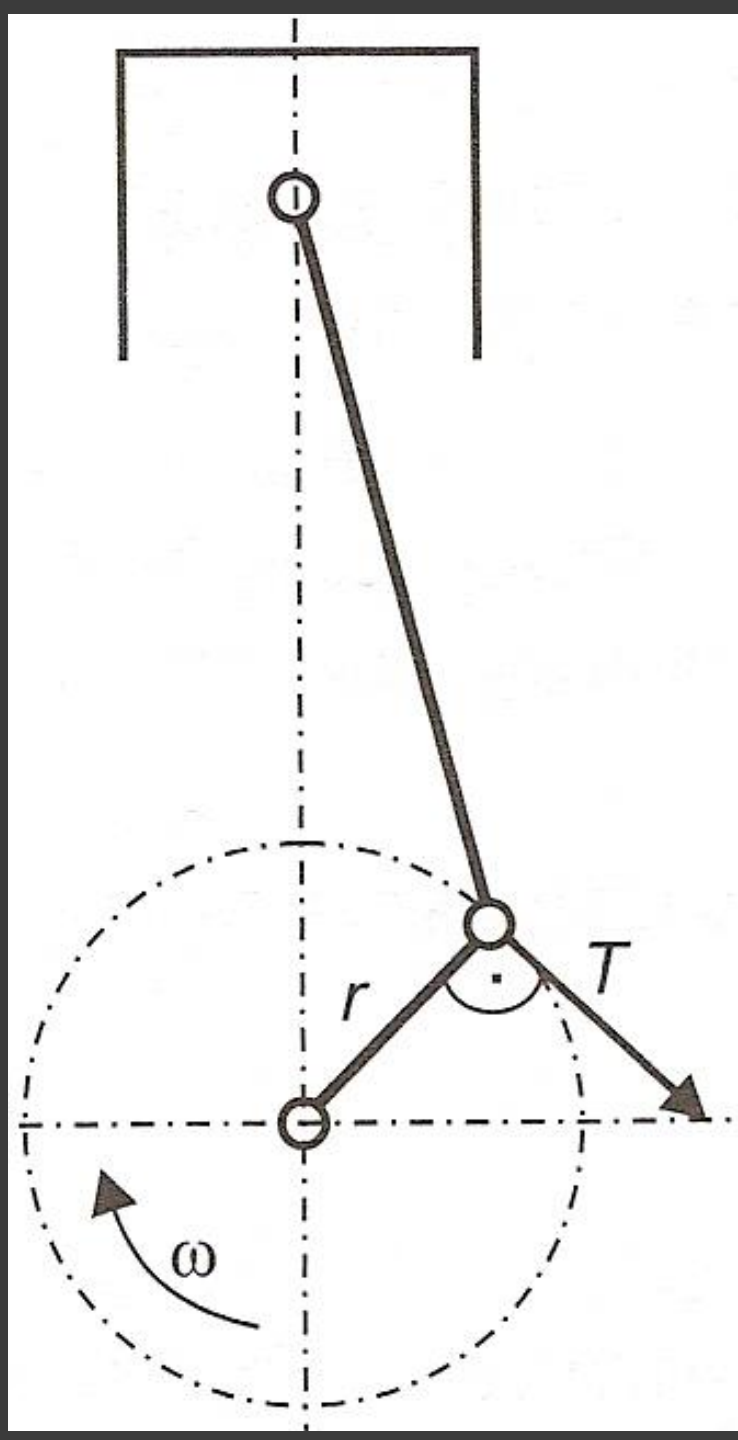
$$M_o = T \cdot r \quad [N \cdot m]$$

T – styczna siła działająca w układzie korbowym [N]

r – ramię wykorbienia wału korbowego [m]

➤ średnia wartość maksymalnego momentu obrotowego przypadającego na 1 dm³

- silniki ZI – 80-100 (Nm)/dm³
- silniki ZS – 120-180 (Nm)/dm³



Moc silnika

a) moc indykowana

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_{ss} \cdot n}{\tau} [kW]$$

τ – współczynnik uwzględniający liczbę suwów silnika na jeden jego obieg

$\tau = 2$ – dla silnika czterosuwowego

$\tau = 1$ – dla silnika dwusuwowego

Moc silnika

b) moc efektywna (użyteczna)

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_{ss} \cdot n}{\tau} [kW]$$

Jednostki mocy

- a) kilowat [kW]
- b) koń mechaniczny [KM]
- c) zależności

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ KM}$$

$$1 \text{ KM} = 0,736 \text{ kW}$$

Sprawności silnika

- a) sprawność teoretyczna η_t
- b) sprawność indykowana η_i
- c) sprawność cieplna η_c
- d) sprawność mechaniczna η_m
- e) sprawność ogólna η_o

Sprawności silnika

	η_t	η_c	η_i	η_m	η_o
ZI	0,35-0,45	0,25-0,35	0,65-0,78	0,75-0,85	0,20-0,32
ZS	0,50-0,65	0,40-0,55	0,75-0,85	0,75-0,80	0,28-0,45

Zużycie paliwa

a) godzinowe zużycie paliwa G_e

b) jednostkowe zużycie paliwa g_e

- silniki ZI – $g_e = 280-340 \text{ g/(kW}\cdot\text{h)}$
- silniki ZS – $g_e = 180-260 \text{ g/(kW}\cdot\text{h)}$

CHARAKTERYSTYKI SILNIKÓW

Parametr a charakterystyka

a) Parametr

- opisuje tylko jeden punkt pracy silnika

b) Charakterystyka

- wykreślne przedstawienie zależności jednego lub kilku parametrów w funkcji innego parametru
- sporządzona w określonych warunkach pracy na hamowni silnikowej
- cele:
 - ocena właściwości dynamicznych i ekonomicznych silników w różnych warunkach pracy
 - informują o zakresach stosowania silników

Rodzaje charakterystyk

a) prędkościowe

- w funkcji prędkości obrotowej n

b) obciążeniowe

- w funkcji momentu obrotowego M_o lub ciśnienia użytecznego p_e

c) regulacyjne

- w funkcji parametru regulowanego silnika

d) ogólne

- wynikają z badań lub przeliczeń wyników badań
- wiążą ze sobą wiele charakterystyk

Charakterystyki ogólne

