

TEMAT: PARAMETRY PRACY I CHARAKTERYSTYKI SILNIKA TŁOKOWEGO

Wielkościami liczbowymi charakteryzującymi pracę silnika są **parametry pracy silnika** do których zalicza się:

1. Średnie ciśnienia obiegu
2. Prędkości w silniku
3. Moment obrotowy
4. Moc silnika
5. Sprawności
6. Zużycie paliwa

Ad.1 ŚREDNIE CIŚNIENIE OBIEGU

Wielkością obliczeniową pozwalającą na przedstawienie rzeczywistego obiegu silnika jest **średnie ciśnienie indykowane** oznaczane jako p_i . Jest to takie stałe, umowne ciśnienie które działając na tłok podczas jego jednego suwu wykonałoby pracę równą różnicy pól pracy dodatniej i ujemnej która zostałaby wykonana podczas całego obiegu pracy.

Średnie ciśnienie indykowane jest bezpośrednio związane z **pracą indykowaną** L_i .

Z definicji pracy wynika że jest iloczyn siły niezbędnej do przemieszczenia ciała i drogi jaką ono pokonuje. W przypadku silnika siła oddziałująca na tłok wynika z ciśnienia gazów działających na tłok i powierzchni na jaką ono oddziałuje (powierzchnia tłoka A). Wykorzystując ciśnienie indykowane p_i i znając skok tłoka S (czyli drogę jaką on pokonuje) można wyznaczyć pracę indykowaną z poniższej zależności:

$$L_i = p_i \cdot A \cdot S \quad [\text{J}]$$

Ponieważ iloczyn pola powierzchni tłoka A i jego skoku S to objętość skokowa V_s zależność dla jednego cylindra przyjmuje postać:

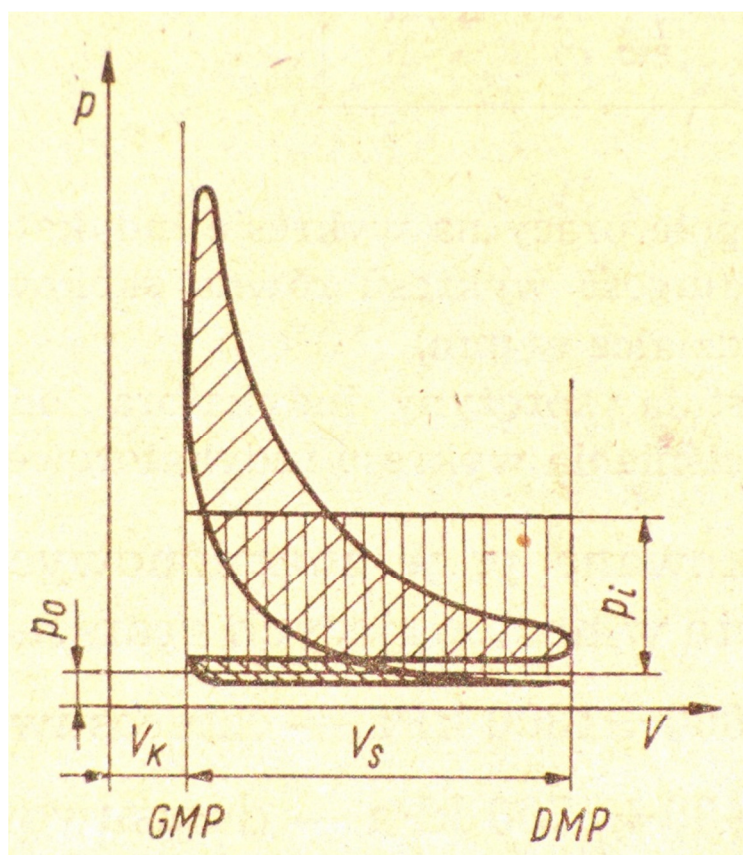
$$L_i = p_i \cdot V_s \quad [\text{J}]$$

A dla całego silnika

$$L_i = p_i \cdot V_{ss} \quad [\text{J}]$$

Zależności pomiędzy ciśnieniem indykowanym, objętością skokową i pracą indykowaną przedstawić można graficznie na wykresie indykatorowym.

Zakreślając pole powstałe wskutek zaznaczenia linii stałego ciśnienia indykowanego otrzymujemy prostokąt. Pole powierzchni tego prostokąta (czyli iloczyn ciśnienia i objętości) przedstawia pracę indykowaną



Powyższe wielkości jak wspomniano są wielkościami obliczeniowymi, czyli teoretycznymi. W rzeczywistości podczas pracy silnika część uzyskanej pracy musi zostać spożytkowana na pokonanie tarcia wewnętrznego jego części, napęd innych mechanizmów silnika oraz osprzętu dodatkowego napędzanego od wału korbowego. W związku z tym rzeczywista praca którą zmierzylibyśmy na kole zamachowym jest mniejsza niż wynikałoby to z obliczeń pracy indykatorowej L_i . Nosi ona nazwę **pracy użytecznej (efektywnej)** L_e . Znając sprawność mechaniczną silnika η_m możemy określić zależności pomiędzy poznanymi parametrami:

$$L_e = L_i \cdot \eta_m \quad \text{oraz} \quad p_e = p_i \cdot \eta_m$$

Gdzie p_e nosi nazwę średniego ciśnienia użytecznego.

Ad.2 PRĘDKOŚCI W SILNIKU

W silniku określamy dwie główne prędkości: prędkość z jaką obraca się wał korbowy oraz prędkość z jaką przemieszcza się tłok w cylindrze.

Prędkość wału korbowego charakteryzujemy za pomocą **prędkości obrotowej wału korbowego** n (określaną ilością wykonanych obrotów w jednostce czasu – głównie **obr/min** lub **obr/sec**) oraz **prędkością kątową wału korbowego** ω (określaną kątem OWK w jednostce czasu – określaną jednostką **rad/s**).

Pomiędzy prędkościami n i ω istnieje zależność: $\omega = 2\pi \cdot n$

W przypadku tłoka silnika konieczne jest określenie jego **średniej prędkości liniowej** $c_{\text{śr}}$ wynikającej z tego, że tłok podążając od jednego martwego położenia przyspiesza a następnie zwalnia przed pokonaniem kolejnego martwego położenia.

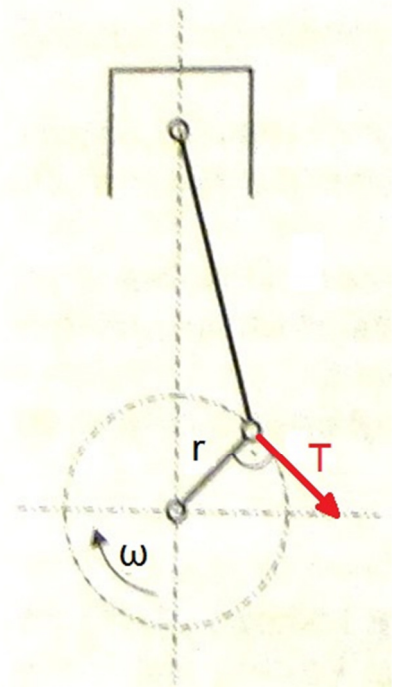
Określenie średniej prędkości tłoka służy do przeprowadzania obliczeń konstrukcyjnych silnika.

Ad.3 MOMENT OBROTOWY SILNIKA

Momentem obrotowym silnika jest iloczyn siły T działającej stycznie do czopu korbowodowego wału korbowego r (czyli prostopadłe do ramienia wykorbienia) oraz promienia wykorbienia (czyli odległości od osi wału do punktu przyłożenia siły T).

$$M_o = T \cdot r$$

Promień r jest wielkością stałą dla danego silnika natomiast siła T jest składową siły pochodzącej od gazów spalinowych działających na tłok i w związku z tym jest ona wartością zmienną zależną od tejże siły oraz chwilowego kąтового położenia wału korbowego.



Ad.4 MOC SILNIKA

Aby możliwe były rozważania odnośnie mocy silnika należy przekształcić zależność na pracę w ruchu obrotowym która określona jest zależnością

$$L = T \cdot 2\pi r$$

Które wykorzystując wzór na moment obrotowy można przekształcić do postaci:

$$L = \frac{M_o}{r} \cdot 2\pi r \rightarrow L = M_o \cdot 2\pi$$

Mocą silnika określa się „ilość” pracy w jednostce czasu. Czyli w związku z tym określa się ją wzorem $N = \frac{L}{t}$. Stąd po podstawieniu do tego wzoru powyższej zależności na pracę i przekształceniu otrzymamy wzór na moc efektywną (użyteczną)

$$N_e = M_o \cdot 2\pi n \quad \text{lub} \quad N_e = M_o \cdot \omega$$

Wynika stąd, że **moc efektywna** N_e silnika jest iloczynem momentu obrotowego M_o i prędkości kątowej ω przy której występuje podstawiona do wzoru wartość momentu.

Ponadto znamy jeszcze **moc indykowaną** N_i silnika która (jak to było w przypadku pracy użytecznej i indykowanej silnika) jest wielkością czysto obliczeniową wynikającą z ciśnienia indykowanego i nie uwzględniającą wszystkich oporów wynikających z działania i współpracy elementów silnika.

Jednostkami miary określającymi moc silników spalinowych są: kilowat [kW] oraz jednostka tradycyjna – koń mechaniczny [KM].

Związek pomiędzy tymi jednostkami jest następujący:

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

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

Do oceny silnika lub do porównania konstrukcji wykorzystuje się tzw. wskaźniki mocy.

Rozróżnia się:

Objętościowy wskaźnik mocy N_v

$$N_v = \frac{N_e}{V_{ss}}$$

gdzie jest on ilorazem mocy efektywnej i objętości skokowej silnika

Masowy wskaźnik mocy M_m

$$N_m = \frac{N_e}{m_s}$$

gdzie jest on ilorazem mocy efektywnej i masy „suchego” silnika.

Ad.5 SPRAWNOŚĆ SILNIKA

Sprawnością jest parametr liczbowy pozwalający ocenić na ile efektywne są przemiany zachodzące w silniku podczas pracy. Wyróżniamy następujące sprawności

- sprawność teoretyczna $\eta_t = \frac{L_t}{Q}$ gdzie: L_t – praca teoretyczna; Q – ilość dostarczonego ciepła

- sprawność indykowana $\eta_i = \frac{L_i}{L_t}$ gdzie: L_i – praca indykowana; L_t – praca teoretyczna

- sprawność cieplna $\eta_c = \frac{L_i}{Q} = \frac{L_t}{Q} \cdot \frac{L_i}{L_t} = \eta_t \cdot \eta_i$

- sprawność mechaniczna $\eta_m = \frac{L_e}{L_i}$ gdzie: L_e – praca użyteczna (efektywna)

- **sprawność ogólna** $\eta_o = \frac{L_e}{Q} = \eta_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m$

Ad.6 ZUŻYCIE PALIWA PRZEZ SILNIK

Zużycie paliwa przez silnik charakteryzujemy za pomocą godzinowego i jednostkowego zużycia paliwa:

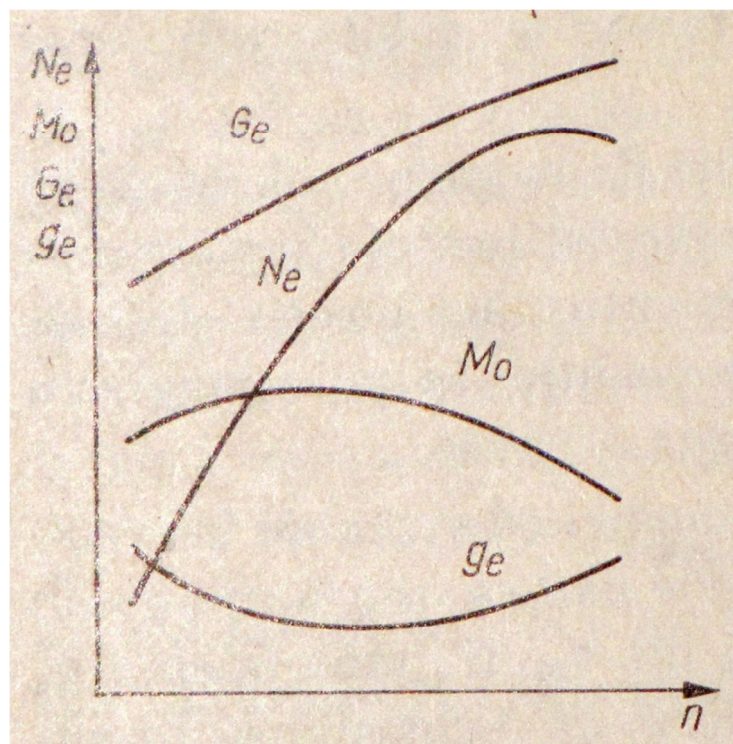
Godzinowe zużycie paliwa G_e jest to iloraz masy lub objętości zużytego paliwa w trakcie przeprowadzania pomiaru do czasu trwania tego pomiaru. Jednostką godzinowego zużycia paliwa G_e jest [kg/h]

Jednostkowe zużycie paliwa g_e jest ilorazem godzinowego zużycia paliwa w stosunku do uzyskanej mocy użytecznej w trakcie pomiaru. Jednostką jednostkowego zużycia paliwa g_e jest [kg/kWh].

CHARAKTERYSTYKI PRACY SILNIKA

Wszystkie mierzone parametry pracy przedstawia się graficznie na charakterystykach pracy.

Głównie wykorzystuje się **charakterystyki prędkościowe** czyli takie które przedstawiają przebieg krzywych mocy, momentu obrotowego i zużycia paliwa (jednostkowe i/lub godzinowe) w miarę zmiany prędkości obrotowej wału korbowego.



Należą do nich: charakterystyka pełnej mocy (rys. powyżej), charakterystyka granicy dymienia i charakterystyka mocy dławionej (częściowa).

Ponadto występują jeszcze charakterystyki obciążeniowe, regulacyjne i ogólne.

ELASTYCZNOŚĆ SILNIKA

Dzięki charakterystykom prędkościowym można obliczyć elastyczność silnika, czyli niemianowany parametr określający w jakim stopniu silnik jest w stanie dopasować się i „znieść” zmienne warunki pracy.

Rozróżnia się trzy wskaźniki elastyczności:

- WSKAŹNIK ELASTYCZNOŚCI MOMENTU OBROTOWEGO

$$e_M = \frac{M_{o\ max}}{M_{o\ N}}$$

- WSKAŹNIK ELASTYCZNOŚCI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

$$e_N = \frac{n_N}{n_M}$$

- WSKAŹNIK ELASTYCZNOŚCI CAŁKOWITEJ

$$e = e_M \cdot e_N$$

