

4.8 WSKAŹNIKI PORÓWNAWCZE SILNIKÓW

4.8.1 WSKAŹNIKI SZYBKOBIEŻNOŚCI

Prędkość obrotową silnika stosuje się jako wskaźnik porównawczy do oceny silników tego samego typu i zastosowania. Zwiększenie prędkości obrotowej silnika przy określonej pojemności skokowej cylindrów powiększa moc silnika. Zbyt dużą prędkość obrotową ograniczają:

a) w ZS - czas na przygotowanie mieszanki palnej i jej spalanie (ZS szybkoobrotowe) oraz obciążenie spowodowane wzrostem sił bezwładności w układzie korbowym.

b) w ZI

- opory przepływu przez zawór co powoduje pogorszenie napełniania (spada moc)
- znaczny wzrost sił bezwładności w układzie korbowym co powoduje konieczność dokładniejszego wyrównoważenia, a co wiąże się z kosztami.
- wzrost sił bezwładności w układzie rozrządu, wobec czego należy stosować mocniejsze, a więc o większych wymiarach sprężyny zaworowe a co ogranicza konstrukcja głowicy silnika.
- wzrasta częstotliwość suwów pracy, a tym samym rośnie obciążenie cieplne silnika w czasie. Najbardziej obciążonymi cieplnie elementami silnika są: denko tłoka i zawór wylotowy. Powoduje to konieczność stosowania materiałów o wyższej jakości, a co za tym idzie - droższych.

Typowe prędkości obrotowe nowoczesnych silników kształtują się następująco:

Silniki ZI samochodów:

- osobowych $n \sim 5500$ obr/min
- sportowych $n \sim 7500$ obr/min
- wyścigowych $n \sim 10000$ obr/min

Silniki ZS samochodów:

- ciężarowych $n \sim 3000$ obr/min
- osobowych $n \sim 4200$ obr/min

Średnia prędkość tłoka C_{sr} jest określona zależnością:

$$\overline{C_{sr}} = 2S \cdot n \quad \text{m/s}$$

S - skok tłoka w m

n - prędkość obrotowa w obr/s

Wzrost prędkości obrotowej powoduje zwiększenie średniej prędkości tłoka, co niekorzystnie wpływa na trwałość silnika, a w szczególności gładzi cylindrowej i pierścieni tłokowych. Aby zapobiec wzrostowi średniej prędkości tłoka stosuje się mały stosunek skoku tłoka do średnicy cylindra S/D. Stosunek ten w najnowszych konstrukcjach jest bliski jedności lub nawet mniejszy od jedności.

Przy zachowaniu określonej objętości skokowej cylindra zmniejszeniu skoku tłoka musi towarzyszyć zwiększenie średnicy cylindra, a więc i średnic gniazd zaworowych, co sprzyja dobremu napełnieniu cylindra. Krótszy skok tłoka daje mniejsze straty tarcia i umożliwia ponadto zmniejszenie wysokości silnika. Zwiększenie średnicy cylindra zwiększa pole czynnej powierzchni tłoka, na którą działa ciśnienie gazów, dzięki czemu zwiększa się również siła gazowa działająca na tłok. W nowoczesnych silnikach są stosowane następujące maksymalne wartości średniej prędkości tłoka:

Silniki ZI:

- osobowe małe $C_{sr} = 13\text{m/s}$
- osobowe duże $C_{sr} = 16\text{m/s}$
- sportowe $C_{sr} = 19\text{m/s}$
- wyścigowe $C_{sr} = 22\text{m/s}$

ZS:

- osobowe $C_{sr} = 14\text{m/s}$
- ciężarowe średnie $C_{sr} = 12\text{m/s}$
- ciężarowe duże $C_{sr} = 11\text{m/s}$

4.8.2 WSKAŹNIKI MOCY

Wskaźniki mocy charakteryzują obciążenie silnika w warunkach znamionowych. Zwiększenie średniego ciśnienia p_e a tym samym i mocy silnika można uzyskać przez:

podwyższenie stopnia sprężania ϵ w silnikach ZI

zmniejszenie współczynnika nadmiaru powietrza λ w silnikach ZS

zastosowanie doładowania

Objętościowy wskaźnik mocy charakteryzuje stopień wykorzystania objętości skokowej. Wskaźnik N_v jest to stosunek znamionowej mocy użytecznej do objętości skokowej silnika:

$$N_v = \frac{N_z}{V_{ss}} = \frac{p_e \cdot 2n}{\tau} \quad \text{MW/m}^3$$

N_z - moc znamionowa silnika w MW

V_{ss} - objętość skokowa silnika w m^3

p_e - średnie ciśnienie użyteczne w MPa

n - prędkość obrotowa w obr/s

τ - wskaźnik obiegu

Tłokowy wskaźnik mocy N_F jest to stosunek znamionowej mocy cylindrowej tj. mocy jednego cylindra N_1 do pola czynnej powierzchni denka tłoka:

$$N_F = \frac{N_1}{A_{t\tau}} = \frac{p_e \cdot C_{\alpha\tau}}{\tau} \quad \text{kW/m}^3$$

N_1 - moc przypadająca na jeden cylinder $N_1 = \frac{N_z}{i}$

$A_{t\tau}$ - pole czynnej powierzchni denka tłoka w cm^2

Masowy wskaźnik mocy N_G jest to stosunek mocy znamionowej do masy silnika suchego.

$$N_G = \frac{N_z}{G_s} \quad \text{kW/kg}$$

N_z - moc znamionowa w kW

G_s - masa silnika suchego w kg

4.8.3 WSKAŹNIKI MASY

Wskaźniki masy charakteryzują stopień wykorzystania materiałów, które zostały użyte do budowy silnika.

Jednostkowa masa silnika G_n jest to stosunek masy silnika suchego do jego mocy znamionowej.

$$G_n = \frac{G_s}{N_z} \quad \text{kg/kW}$$

Objęściowy wskaźnik masy silnika G_v jest to stosunek masy silnika suchego do objętości skokowej silnika.

$$G_v = \frac{G_s}{V_{ss}} \quad \text{kg/m}^3$$

4.8.4 WSKAŹNIKI EKONOMICZNOŚCI

Wskaźniki te charakteryzują silnik pod względem ekonomiki jego użytkowania. Głównym z nich jest jednostkowe zużycie paliwa g_e . Jednostkowe zużycie paliwa może być parametrem porównawczym dla silników zasilanych paliwem o takiej samej wartości opalowej W_u . Aby uzyskać parametr do porównywania silników zasilanych paliwami o różnych wartościach opalowych, należy pomnożyć g_e przez W_u . Otrzymaną w ten sposób wielkość nazywana jest jednostkowym zużyciem ciepła:

$$q_e = g_e \cdot W_u \quad \text{J/(W·s)}$$

$$q_e = \frac{1}{\eta_e}$$