

4.9 BILANS CIEPLNY

Ciepła uzyskiwanego ze spalania w silniku paliwa nie można w całości zamienić na pracę mechaniczną. Odpowiednio do sprawności ogólnej silnika spalinowego ilość ciepła zamienionego na pracę użyteczną wynosi zaledwie 25 - 40% całkowitej ilości ciepła wywiązanej w wyniku spalania paliwa. Pozostała ilość uchodzi ze spalinami, jest odprowadzona do czynnika chłodzącego oraz stanowi inne straty cieplne.

W celu dokonania oceny wykorzystania ciepła dostarczonego do silnika sporządza się bilans cieplny silnika. Tak nazywamy podział ciepła dostarczonego do silnika na ciepło zamienione na pracę użyteczną oraz ciepło zamienione na straty.

Wyodrębnienie składowych strat ciepła umożliwia określenie wpływu poszczególnych czynników na pracę silnika w różnych warunkach i ustalenie środków prowadzących do zwiększenia jej efektywności.

4.9.1 ZEWNĘTRZNY BILANS CIEPLNY SILNIKA

Bilans ten sporządza się na podstawie pomiarów energii mechanicznej oraz energii cieplnej oddawanej przez silnik na zewnątrz.

Ogólne równanie zewnętrznego bilansu cieplnego ma postać:

$$Q_1 = Q_e + Q_{ch} + Q_w + Q_{ns} + Q_{ot}$$

Q_1 - ciepło dostarczone do silnika w czasie 1 sekundy

$$Q_1 = G_e \cdot W_u \quad \text{J/s}$$

G_e - sekundowe zużycie paliwa w g/s (paliwo ciekłe) lub w m³/s (paliwo gazowe)

W_u - wartość opałowa paliwa w J/g lub w J/m³

$$Q_e = N_e$$

Q_e - ciepła zamienione na pracę użyteczną

$$Q_{ch} = G_{ch} \cdot c \cdot (T_{chw} - T_{chd}) \quad \text{J/s}$$

Q_{ch} - straty chłodzenia tj. ciepło odprowadzane do czynnika chłodzącego.

G_{ch} - masowe natężenie przepływu czynnika chłodzącego (cieczy lub powietrza) w g/s

c - ciepło właściwe czynnika chłodzącego w J/(g·K) lub w J/(g·°C)

T_{chd} - średnia temperatura czynnika chłodzącego na dolocie w °C

T_{chw} - średnia temperatura czynnika chłodzącego na wylocie w °C

$$Q_w = M_{sp} \cdot G_e \cdot C_{psp} \cdot (T_w - T_o) \quad \text{J/s}$$

Q_w - strata wylotowa tj. ilość ciepła odprowadzonego w czasie 1s na zewnątrz silnika przez gazy spalinowe

M_{sp} - ilość spalin wilgotnych powstałych ze spalania 1kg paliwa w kg/kg

G_e - sekundowe zużycie paliwa w g/s

C_{psp} - średnie molowe ciepło właściwe spalin wilgotnych w zakresie temperatury od T_o do T_w w J/(g·K)

T_w - średnia temperatura spalin odpływających z silnika w °C

T_o - temperatura otoczenia w °C

$$Q_{ns} = G_e \cdot x \cdot C \cdot W_c + G_e \cdot \frac{CO}{CO + CO_2} (1 - x) \cdot C \frac{22,42}{12} W_{co} \quad \text{J/s}$$

Q_{ns} - straty spalania - ciepło tracone na skutek niecałkowitego i niepełnego spalania paliwa

G_e - sekundowe zużycie paliwa w g/s

x - ilość węgla nie spalonego w procentach zawartości węgla w paliwie

c - procentowy udział masowy węgla w paliwie

W_c - wartość opałowa węgla elementarnego; przyjmuje się $W_c = 34000 \text{ J/g}$

W_{co} - wartość opałowa tlenku węgla (przyjmuje się $W_{co} = 12,65 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$)

CO_2 - procentowy udział dwutlenku węgla w spalinach

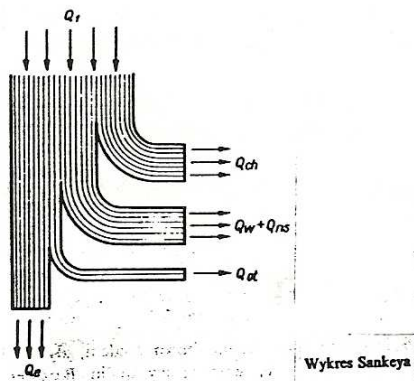
CO - procentowy udział tlenku węgla w spalinach

Pierwszy człon przedstawia stratę powstałą w wyniku niespalenia części stałych, a drugi - stratę w wyniku odpływu do otoczenia nie spalonych składników gazowych w postaci tlenku węgla.

Resztę bilansu Q_{ot} stanowią nieuchwytne straty ciepła, jak ciepło wypromieniowane lub oddane otoczeniu wskutek przewodzenia ciepła, odpowiadające pracy tarcia w mechanizmach itp.

W sposób poglądowy bilans cieplny przedstawia się w postaci wykresu zwanego wykresem Sankeya.

Wartości strat wylotu i chłodzenia zależą od warunków eksploatacyjnych i od konstrukcji silnika. Na przykład, ze wzrostem prędkości obrotowej silnika maleją straty chłodzenia wskutek skrócenia czasu zetknięcia gorących gazów ze ściankami cylindra, natomiast straty wylotu wzrastają z tej samej przyczyny.



4.9.2 WEWNĘTRZNY BILANS CIEPLNY SILNIKA

Bilans ten określa podział ciepła odbywający się bezpośrednio w cylindrze silnika. Wewnętrzny bilans cieplny sporządza się na podstawie dokładnego wykresu idykatorowego. Tak sporządzony bilans cieplny umożliwia wnikliwe zbadanie pracy silnika i wpływu na nią różnych czynników.

Ogólne równanie bilansu wewnętrznego ma postać:

$$Q_1 = Q_i + Q_{ch} + Q_w$$

$$Q_i = Q_e + Q_r$$

Q_r - straty oporów ruchu

$$Q_1 = Q_e + Q_r + Q_{ch} + Q_w$$

Ponieważ w układzie jednostek SI $Q_e = N_e$ oraz

$Q_r = N_r$, więc:

$$Q_r = Q_i - Q_e = N_i - N_e$$

W bilansie wewnętrznym strata wylotu Q_w nie obejmuje strat niepełnego i niecałkowitego spalania.