



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Chemiczny

LABORATORIUM PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

PROJEKTOWANIE PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

Ludwik Synoradzki, Jerzy Wisiański

BILANS CIEPLNY CZYNNIKI ENERGETYCZNE

Jerzy Wisiański

Wykład: listopad 2016

BILANS CIEPLNY

PRAWO ZACHOWANIA ENERGII: sumaryczna ilość energii doprowadzonej do przemiany musi być równa sumarycznej ilości energii odprowadzonej.

Jeśli w rozpatrywanym procesie zachodzi przemiana energii cieplnej w inny rodzaj, np. mechaniczną, elektryczną (lub na odwrót), to powinna ona być uwzględniona w równoważnej ilości w bilansowanych strumieniach cieplnych.

Ogólne równanie bilansu cieplnego:

$$\Sigma H_{\text{wejścia}} = \Sigma H_{\text{wyjścia}}$$

RÓWNANIE BILANSU CIEPLNEGO

Po stronie przychodu:

- H_s - entalpia wnoszona z substratami,
- H_{egzo} - entalpia przemian fiz. i chemicznych egzotermicznych,
- H_{ogrz} - entalpia pobierana z otoczenia lub celowo doprowadzana do układu (ogrzewanie),

Po stronie rozchodu:

- H_p - entalpia unoszona z produktami przemiany,
- H_{endo} - entalpia przemian fiz. i chemicznych endotermicznych,
- H_{ch} - entalpia celowo odprowadzana z układu (chłodzenie),
- H_{strat} - wszelkiego rodzaju straty ciepłe.

RÓWNANIE BILANSU CIEPLNEGO

Po uwzględnieniu w/w składowych równanie bilansu cieplnego:

$$H_s + H_{egzo} + H_{ogrz} = H_p + H_{endo} + H_{ch} + H_{strat}$$

Strumienie ciepłe wnoszone przez substraty (lub unoszone przez produkty) oblicza się uwzględniając entalpię odniesienia (np. 0°C) oraz stan skupienia (entalpię przemiany fazowej):

$$H_s = G_s (c_{śr} t + \Delta H_f)$$

gdzie:

G_s	- strumień masowy substratu,
$c_{śr}$	- średnie ciepło właściwe substancji,
t	- temperatura przemiany fazowej,
ΔH_f	- entalpia przemiany fazowej.

RÓWNANIE BILANSU

Ciepła reakcji chemicznych podawane w tablicach mogą mieć znak:

- ujemny (reakcje egzotermiczne)
- dodatni (reakcje endotermiczne)

Ciepło wymieniane w przemianie (ogrzewanie lub chłodzenie): są to wszelkie strumienie ciepłne doprowadzane z zewnątrz lub odprowadzane na zewnątrz dla pokrycia jego niedoboru lub utrzymania stałości temperatury (np. mieszaniny reakcyjnej).

STRATY CIEPLNE

Do tej grupy należą też wszelkie straty ciepłne występujące w procesie. Rzeczywista wielkość strat ciepłnych zależy od warunków prowadzenia procesu, jak różnice temperatur czy prędkości przepływów oraz od rozwiązań aparaturowych takich jak tworzywa konstrukcyjne i grubość izolacji.

Straty od ściany aparatu do otoczenia można obliczyć według zależności:

$$H_{strat} = \alpha F_z \Delta t$$

gdzie: α - współczynnik wnikania ciepła,
 F_z - zewnętrzna powierzchnia urządzenia,
 $\Delta t = t_{sc} - t_o$ - różnica temperatur ścianki urządzenia i otoczenia

FORMY BILANSU

Formy bilansu cieplnego:

- **Tabelaryczna**: zestawienie przychód – rozchód
(podobna do bilansu masowego)
- **Graficzna** jako tzw. wykres strumieniowy cieplny
(podobny do materiałowego wykresu Sankey'a)

Zgodność bilansu cieplnego ze schematem ideowym i bilansem masowym.

- **Dla procesów i operacji periodycznych** bilans w odniesieniu do:
szarży, doby i jednostki masy produktu głównego,
- **Dla przemian ciągłych**:
godzinowe strumienie cieplne,
i w odniesieniu do doby i jednostki masy produktu głównego

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ CIEPLNYCH

BILANS CIEPLNY PEŁNY

- dla energochłonnych procesów w dużej skali

W projekcie procesowym należy wykonać co najmniej:

- **założenia** do bilansu;
- wszelkie niezbędne obliczenia cieplne

DANE DO OBLICZEŃ CIEPLNYCH

- Ciepła reakcji (egzo- , endotermiczna)
- Ciepła przemian fazowych (parowania, topnienia, adsorpcji itp.)
- Ciepła właściwe (czystych substancji, mieszanin, stan skupienia)
- Wykresy cieplne (np. H - S)

CEL OBLICZEŃ CIEPLNYCH

- Wielkość, rodzaj aparatów
 - Nakłady inwestycyjne
- Bilans zużycia czynników energetycznych
 - energochłonność [kJ / 1 t produktu]
 - koszty wytwarzania produktu (udział w TKW)
- Przepływy / zużycie czynników energetycznych [kg / h]
 - założenia dla branż
 - nakłady inwestycyjne
- Wpływ na środowisko naturalne

CZYNNIKI ENERGETYCZNE

W projekcie procesowym: zestawienia zużycia oraz wymagane parametry czynników energetycznych i pomocniczych niezbędnych dla realizacji procesu technologicznego w skali przemysłowej.

Zestawienia te powstają jako wynik wykonanych wcześniej bilansów masowych i cieplnych oraz dodatkowych obliczeń.

Powinny być określone wymagane parametry fizyczne czynników (ciśnienie, temperatura), ich dopuszczalne wahania i ewentualne warunki dotyczące jakości .

Graficzny obraz wszystkich czynników wchodzących i wychodzących z zaznaczeniem doprowadzeń i odprowadzeń do/z poszczególnych aparatów znajduje się na schemacie technologicznym. Zaznaczony podział na czynniki

wchodzące i wychodzące

Czynniki wchodzące

- Para wodna (w rozbięciu na stosowane ciśnienia, nasycona);
 - Woda gorąca do celów ogrzewania technologicznego;
 - Inne czynniki grzewcze (np. olej obiegowy);
 - Paliwa (gaz ziemny, olej opałowy, węgiel);
 - Woda chłodnicza obiegowa;
 - Woda przemysłowa (bezzwrotna);
 - Woda demineralizowana;
 - Czynniki chłodnicze (solanka, glikol, woda zimna);
 - Sprężone powietrze techniczne (ciśnienie);
 - Sprężone powietrze dla zasilania AKP (osuszone i bezolejowe);
 - Sprężony azot (ciśnienie, jakość);
 - Inne gazy techniczne (ciśnienie, jakość).
- Odbiorniki [energii elektrycznej](#) są: pokazywane na schemacie technologicznym poprzez symbole napędów oraz wyszczególnione w specyfikacji aparatów i urządzeń.

Czynniki wychodzące, np:

- Kondensat parowy (w rozbiściu na ciśnienia);
- Woda gorąca powrotna;
- Woda chłodnicza powrotna;
- Czynnik chłodniczy – powrót;

Tabelaryczne bilanse wszystkich czynników energetycznych i pomocniczych dla poszczególnych aparatów jak i całej instalacji, np:

- a) zapotrzebowanie szczytowe (np. w kg/h) → przekroje rurociągów, zawory
- b) zużycie średnie (np. w kg/h, kg/szarżę) → bilans zużycia, zawory regulacyjne
- c) czas poboru (h/dobę) → bilans
- d) zużycie dobowe = (b) x (c) [kg/dobę średnio] → bilans zużycia

W bilansach czynników energetycznych dla całej instalacji uwzględnić:

- **Harmonogramy pracy aparatów i urządzeń.**

Dla dużej liczby drobnych, często powtarzających się poborów należy określić tzw. współczynnik jednoczesności poboru, obliczony lub przyjęty przez analogie z podobnymi instalacjami przemysłowymi.

Duże lub inne pobory, które mogą wystąpić bardzo rzadko, (rozruch instalacji, awarie, woda p-poż).

Bilanse będą służyć:

- Jako założenia dla projektów instalacji energetycznych i pomocniczych w dalszych fazach projektowania
- Dla obliczeń ekonomicznych (nakładów inwestycyjnych oraz kosztów ruchowych).