

3.1. Zasadnicze rodzaje wymiany ciepła. Pole temperatur

Rozróżniamy trzy, różne pod względem fizycznym, sposoby wymiany ciepła [48]:

1. przewodzenie,
2. konwekcję (unoszenie),
3. promieniowanie.

Różnica między nimi polega na odmiennym mechanizmie przenoszenia energii cieplnej. W praktyce wymienione sposoby występują wspólnie w pewnych proporcjach, ale metody obliczeniowe dla każdego z nich opierają się na innych podstawach teoretycznych. Przewodzenie ciepła wykorzystuje matematykę stosowaną w zakresie równań różniczkowych cząstkowych o różnorodnych warunkach brzegowych. Konwekcję charakteryzują zależności opisane w hydrodynamice, korzystające w znacznym stopniu z metod analizy wymiarowej i teorii podobieństwa. Teoria promieniowania jest działem fizyki teoretycznej.

Przewodzenie ciepła jest to wymiana ciepła pomiędzy bezpośrednio stykającymi się elementami jednego ciała lub różnych ciał, polegająca na przekazywaniu energii kinetycznej makroskopowego ruchu cząsteczek z miejsc o temperaturze wyższej do miejsc o temperaturze niższej. Przewodzenie w postaci czystej występuje w ciałach stałych nieprzenikliwych dla promieniowania cieplnego i łączy się z przenoszeniem energii przez swobodne elektrony oraz drganiem atomów w siatce krystalicznej.

W płynach przewodzenie występuje najczęściej wspólnie z innymi sposobami wymiany ciepła i polega na przenoszeniu energii w wyniku bezładnych zderzeń cząstek.

Konwekcja albo **unoszenie ciepła** jest to ruch makroskopowych części płynu lub gazu o różnych temperaturach, a więc i o różnych gęstościach. Przenoszenie energii odbywa się wskutek mieszania się płynu, konwekcja jest zatem następstwem ruchu ośrodka, w którym przenosi się ciepło. Stąd podział na konwekcję swobodną (naturalną), spowodowaną różnicą gęstości, oraz wymuszoną, wywołaną sztucznie przez pompy, sprężarki, dmuchawy itp. Konwekcja odbywać się może w przestrzeni nieograniczonej, np. przy opływaniu powietrzem zewnętrznej powierzchni budynku, lub ograniczonej (w pomieszczeniu, zbiorniku itp.).

Promieniowanie cieplne (termiczne) polega na wysyłaniu przez ciała o temperaturze wyższej od temperatury zera bezwzględnej energii w postaci kwantów promieniowania elektromagnetycznego o pewnym zakresie długości fali. Wszystkie ciała wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne,

a jego ilość energii zależy od rodzaju powierzchni i temperatury ciała. Energia fal elektromagnetycznych zostaje częściowo lub całkowicie pochłonięta i przekształcona w energię wewnętrzną ciała napotkanego. Wymiana ciepła przez promieniowanie ma miejsce, jeżeli ilość energii wypromieniowanej przez ciało jest różna od ilości energii pochłoniętej, a sam proces odbywa się pomiędzy ciałami rozdzielonymi ośrodkiem przenikliwym dla promieniowania termicznego, którym może być zarówno atmosfera ziemska, jak i próżnia.

Fale elektromagnetyczne przenoszą się z prędkością równą prędkości światła. Ilość wypromieniowanej energii, niewielka dla umiarkowanych temperatur, staje się znacząca w procesie wymiany ciepła w miarę wzrostu temperatury ciał promieniujących.

W ogólnym przypadku: gdy wymiana ciepła jest nieustalona, temperatura każdego punktu ciała θ jest funkcją współrzędnych przestrzennych x , y , z oraz czasu t :

$$\theta = f(x, y, z, t), \quad (3.1)$$

gdzie

θ – temperatura [K lub °C]; często bywa używane oznakowanie T , oznaczające temperaturę termodynamiczną [K],

ϑ , Θ , t – alternatywne symbole używane do oznaczania temperatury [°C].

Pole temperatur definiuje się jako zbiór wartości temperatur we wszystkich punktach rozpatrywanego ciała, w tej samej chwili. Zbiór punktów przestrzeni lub powierzchni o jednakowych temperaturach tworzy odpowiednio **powierzchnię** lub **linię izotermiczną**. Dla ustalonego przepływu ciepła i jednowymiarowego pola $\theta = f(x, t)$

$$\frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{\partial \theta}{\partial z} = 0. \quad (3.2)$$

W przepływie ustalonym i polu jednowymiarowym, gdy $\theta = f(x)$

$$\frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = 0. \quad (3.3)$$

Aby wymianę ciepła ująć ilościowo, wprowadzono pojęcia **strumienia cieplnego** Φ oraz **gęstości strumienia cieplnego** q .

Strumień cieplny Φ jest to ilość ciepła przechodząca z jednego ośrodka do drugiego przez powierzchnię A w jednostce czasu. Używane są również inne oznaczenia strumienia cieplnego: Q , L , H (wszystkie są wyrażane w watach [W]).

Gęstość strumienia cieplnego jest miarą intensywności wymiany ciepła, wyrażoną zależnością:

$$\bar{q} = \frac{d\Phi}{dA}. \quad (3.4)$$