**Wymiennik ciepła z rurami koncentrycznymi (typu „rura w rurze”)**

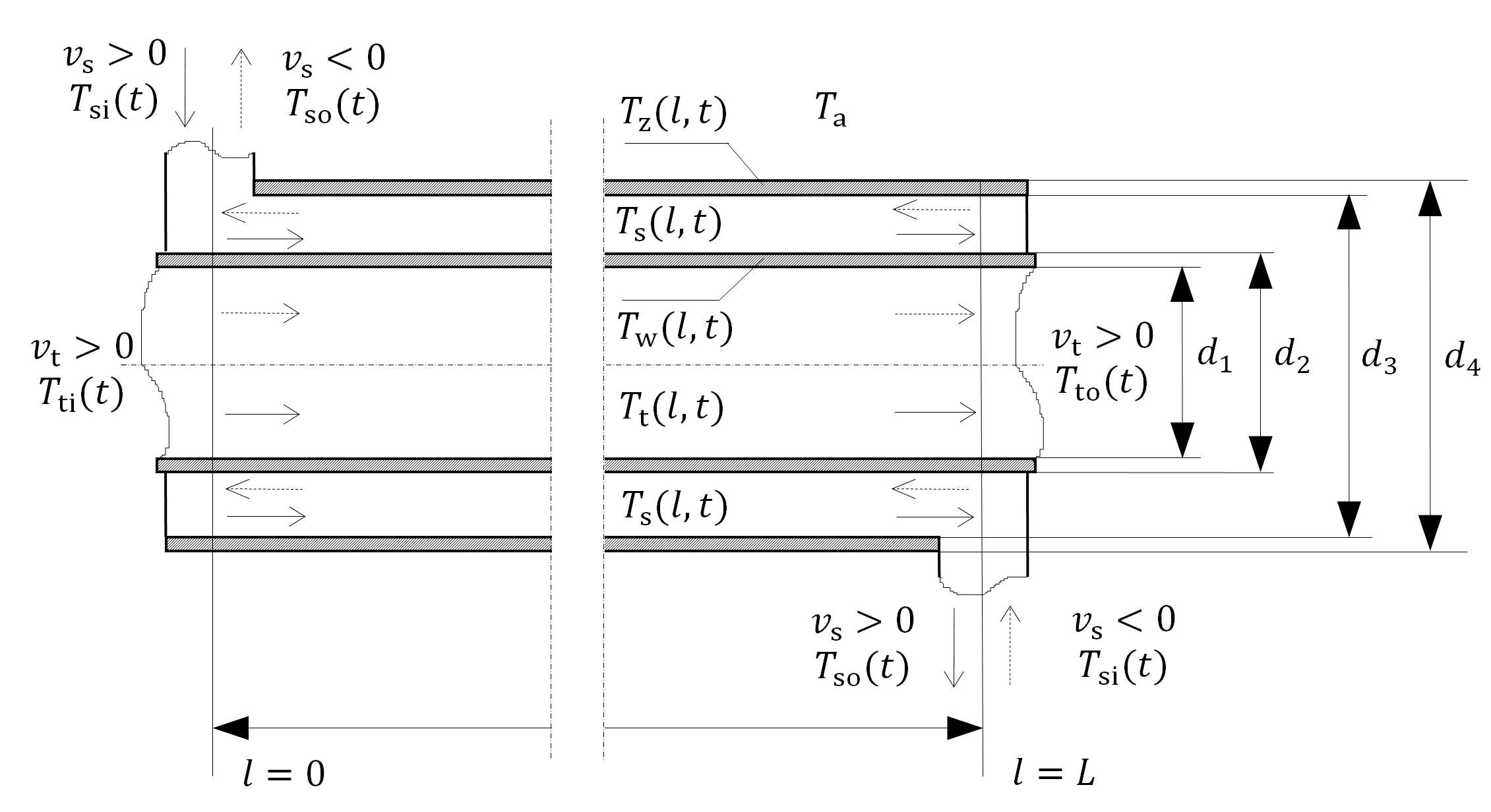
Wymiennik jest zbudowany z dwóch rur o różnych średnicach, przy czym rura o mniejszej średnicy jest umieszczona koncentrycznie wewnątrz rury o większej średnicy. Czynnik ogrzewający (np. gorąca woda) o temperaturze przepływa rurą wewnętrzną, a czynnik ogrzewany (np. zimna woda) o temperaturze jest doprowadzany do przestrzeni pierścieniowej między: rurą wewnętrzną o temperaturze a rurą zewnętrzną o temperaturze o temperaturze , gdzie pobiera ciepło od czynnika ogrzewającego. Wpływ na temperaturę wylotową czynnika ogrzewanego, poza parametrami materiałowymi wymiennika, mają: temperatura wlotowa czynnika ogrzewającego oraz prędkości przepływu obydwu czynników: ogrzewającego oraz ogrzewanego

Ze względu na kierunki przepływu czynników: ogrzewającego i ogrzewanego, będziemy rozpatrywać następujące dwa przypadki pracy wymiennika ciepła:

* współprądowy, w którym obydwa płyny wymieniające ciepło płyną w tę samą stronę ( oraz ),
* przeciwprądowy, w którym wektory prędkości przepływu płynów mają przeciwny zwrot ( oraz ).

Z kolei ze względu na wybór sygnałów wejściowych, będziemy rozatrywać dwa następujące przypadki:

* temperatury wlotowe czynników: ogrzewającego i ogrzewanego jako sygnały wejściowe (zwykle pierwszy z nich – jako sterujący, zaś drugi – jako zakłócający), przy założeniu stałych wartości ich prędkości oraz ,
* prędkości przepływu czynników: ogrzewającego i ogrzewanego jako sygnały wejściowe (zwykle pierwszy z nich – jako sterujący, zaś drugi – jako zakłócający), przy założeniu stałych wartości ich temperatur wlotowych oraz .



Rys.1. Wymiennik ciepła z rurami koncentrycznymi

Po przyjęciu pewnych założeń upraszczających, właściwości dynamiczne takiego wymiennika reprezentowane są, w oparciu o odpowiednie zależności bilansowe, przez następujące równania różniczkowe cząstkowe, opisujące zmiany wartości temperatur poszczególnych płynów oraz rur wzdłuż jego osi:

gdzie oraz są wartościami temperatur, odpowiednio: płynu ogrzewającego, materiału rury wewnętrznej, płynu ogrzewanego oraz materiału rury zewnętrznej wymiennika. Wartości parametrów zależą od: średnic poszczególnych rur, gęstości płynów oraz materiału wymiennika, wartości ciepła właściwego płynów oraz materiału wymiennika oraz od wartości współczynników przejmowania ciepła :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Aby możliwe było wyznaczenie jednoznacznego rozwiązania powyższego układu równań różniczkowych, konieczna jest znajomość następujących warunków początkowych, opisujących rozkład temperatur wzdłuż osi wymiennika w chwili

a także warunków brzegowych, określających wartości temperatur płynu ogrzewającego   
i ogrzewanego w punktach wlotowych:

oraz dla układu współprądowego,

oraz dla układu przeciwprądowego,

przy zachowaniu następujących warunków zgodności:

dla układu współprądowego,

dla układu przeciwprądowego.

W przypadku przyjęcia temperatur wlotowych czynników: ogrzewanego i ogrzewającego jako sygnałów wejściowych, powyższe warunki brzegowe reprezentują brzegowe sygnały wejściowe,   
z których pierwszy ma charakter brzegowego sygnału sterującego: , zaś drugi ma charakter zakłócenia brzegowego: .

Zakładając, że dysponujemy czujnikami pomiarowymi umożliwiającymi pomiar temperatur obydwu płynów wzdłuż osi wymiennika, możemy przyjąć wartości tych temperatur jako rozłożone sygnały wyjściowe: oraz

Z reguły jednak interesują nas tylko wartości temperatur w punktach wylotowych; wówczas mamy do czynienia z punktowymi (dokładniej: brzegowymi) sygnałami wyjściowymi: oraz (dla układu współprądowego) lub (dla układu przeciwprądowego).

dla współprądu:

dla współprądu:

dla przeciwprądu:

dla przeciwprądu:

wejścia brzegowe:

wyjścia brzegowe:

wyjścia rozłożone:

zmienne stanu:

z odpowiednimi w.p.

Rys. 2. Wymiennik ciepła jako układ o parametrach rozłożonych  
(temperatury wlotowe płynów jako sygnały wejściowe)

Rys. 3. Wymiennik ciepła jako układ o parametrach rozłożonych  
(prędkości przepływu płynów jako sygnały wejściowe)

dla współprądu:

dla współprądu:

dla przeciwprądu:

dla przeciwprądu:

wejścia:

wyjścia brzegowe:

wyjścia rozłożone:

zmienne stanu:

z odpowiednimi w.p.

Wartości parametrów fizycznych modelu:

* ,
* ,
* ,
* ,
* ,
* ,
* , ,
* , ,
* , /s.

Dla podanych wyżej wartości parametrów otrzymujemy następujące wartości parametrów :

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | |  | |  | |
|  | | |  | |  | |

Zadanie sterowania wymiennikiem ciepła będzie polegało na stabilizacji temperatury wody ogrzewanej wypływającej z wymiennika na poziomie wartości zadanej . Wartość zadana w pierwszym etapie badań będzie stała (sterowanie stałowartościowe), a następnie będzie się zmieniać zgodnie z określonym programem czasowym, przyjmując np. wartości odcinkami stałe (sterowanie programowe). Sterowanie będzie realizowane poprzez zmiany:

1. temperatury wlotowej gorącej wody zasilającej wymiennik, przy zakłóceniach w postaci zmian temperatury wlotowej chłodnej wody ogrzewanej,
2. prędkości przepływu gorącej wody zasilającej wymiennik, przy zakłóceniach w postaci zmian prędkości przepływu chłodnej wody ogrzewanej.

Każdy ze scenariuszy zostanie zrealizowany zarówno dla wymiennika pracującego w układzie współprądowym, jak i przeciwprądowym.