## Wstęp

Tematem ćwiczenia jest analiza numeryczna pracy przeponowego wymiennika ciepła i walidacja modelu na podstawie danych eksperymentalnych.

Rozpatrywany wymiennik typu „rura w rurze” ma wymiary: rura wewnętrzna , rura zewnętrzna (milimetrów) oraz sumaryczną długość . Wymiennik podzielony jest na cztery identyczne sekcje, z których każda posiada gniazda do pomiaru temperatury czynnika gorącego i zimnego, zgodnie z rys. 1. Sekcje mogą być traktowane, jako osobne wymienniki ciepła. Materiał rurek to miedź (Cu), a rurka zewnętrzna jest zaizolowana cieplnie od otoczenia.

Pomiary przeprowadzono wykorzystując wodę, jako czynnik roboczy. Wymiennik pracował we współprądzie i przeciwprądzie, w dwóch konfiguracjach:

1. zimna woda w rurze wewnętrznej, gorąca w rurze zewnętrznej (konfiguracja nieprawidłowa)
2. gorąca woda w rurze wewnętrznej, zimna w rurze zewnętrznej (konfiguracja prawidłowa)

  
Rys. 1: Analizowany wymiennik ciepła, wraz z rozmieszczeniem gniazd pomiarowych.   
1 - miernik temperatury, 2 – wymiennik ciepła, 3 – zawory kulowe do otwarcia przepływu wody, 4 – zawory zwrotne, 5 – zawory regulujące strumień wody, 6 – rotametry, 7 – zespół zaworów kierunkowych

Strumienie przepływu dla obu czynników, w każdym z czterech przypadków były równe . Wyniki pomiarów temperatur przedstawiono w tab. 1-4.

Tab. 1: Wyniki pomiarów temperatury dla układu **przeciwprądowego** w konfiguracji **nieprawidłowej**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tw, oC | 13,9 | 17,6 | 29,3 | 30,4 | 35,8 |
| tz, oC | 31,3 | 36,3 | 41,5 | 47,4 | 52,8 |

Tab. 2: Wyniki pomiarów temperatury dla układu **współprądowego** w konfiguracji **nieprawidłowej**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tw, oC | 12,2 | 20,9 | 26,7 | 28,7 | 31,2 |
| tz, oC | 56,4 | 43,8 | 38,1 | 36,0 | 34,2 |

Tab. 3: Wyniki pomiarów temperatury dla układu **przeciwprądowego** w konfiguracji **prawidłowej**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tw, oC | 50,9 | 45,3 | 40,9 | 36,5 | 31,4 |
| tz, oC | 34,1 | 28,5 | 22,8 | 17,6 | 12,3 |

Tab. 4: Wyniki pomiarów temperatury dla układu **współprądowego** w konfiguracji **prawidłowej**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tw, oC | 50,8 | 42,8 | 38,2 | 36,3 | 34,9 |
| tz, oC | 12,0 | 20,8 | 26,7 | 29,4 | 30,6 |

## Zadania do wykonania

1. Wprowadź geometrię fragmentu wymiennika do projektu w Workbenchu (Fluid Flow CFX).
2. Utwórz siatkę numeryczną zadanego fragmentu wymiennika.
3. Zdefiniuj domeny obliczeniowe (czynnik w rurze wewnętrznej, czynnik w rurze zewnętrznej oraz przepona).
4. Określ warunki brzegowe i niezbędne interface’y, tak aby odwzorować warunki przepływu badane na stanowisku eksperymentalnym.
   1. Ponieważ model CFD obejmuje jedynie dwie z czterech sekcji wymiennika, wybierz, które sekcje będą symulowane i odpowiednio dobierz temperatury wlotowe czynników na podstawie danych pomiarowych.
5. Przeprowadź obliczenia modelu dla wszystkich czterech konfiguracji i trybów pracy wymiennika.
6. Opracuj wyniki symulacji.
   1. Zaprezentuj kontury rozkładu ciśnienia, prędkości i temperatury w przekroju wymiennika.
   2. Zaprezentuj kontury gęstości strumienia ciepła przepływającego przez przeponę wymiennika.
   3. Podaj wartości obliczonych temperatur czynnika. Określ błąd względny pomiędzy wartościami z modelu i zmierzonymi.
   4. Narysuj wykres temperatury obu czynników wzdłuż wymiennika. Nanieś na niego wartości zmierzone wraz ze słupkami niepewności pomiarowej (dla uproszczenia przyjmij, że dokładność pomiaru wynosiła ).
   5. Oblicz i porównaj z wartościami uzyskanymi na bazie danych eksperymentalnych:
      1. Sumaryczne ciepło oddawane przez strumień gorący: .
      2. Sumaryczne ciepło odbierane przez strumień zimny.
      3. Średnią logarytmiczną różnicę temperatur w modelowanych sekcjach.
      4. Średni współczynnik przenikania ciepła.
7. Przeprowadź obliczenia ponownie dla wybranego przypadku. Tym razem, w modelu zdefiniuj właściwości wody (gęstość, ciepło właściwe, współczynnik przewodzenia ciepła i lepkość), jako zmienne w funkcji temperatury (patrz tab. 5).
   1. Wykorzystaj *User Function.*
   2. Porównaj wyniki z obliczeniami przy stałych parametrach fizycznych wody wg wytycznych z punktu 6.

Tab. 5: Własności cieplne wody przy ciśnieniu nasycenia

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 0 | 999,9 | 4,226 | 0,558 | 1788,82 |
| 5 | 1000 | 4,206 | 0,568 | 1535,00 |
| 10 | 999,7 | 4,195 | 0,577 | 1299,61 |
| 15 | 999,1 | 4,187 | 0,587 | 1144,97 |
| 20 | 998,2 | 4,182 | 0,597 | 1004,19 |
| 25 | 997,1 | 4,178 | 0,606 | 881,44 |
| 30 | 996,7 | 4,176 | 0,615 | 802,34 |
| 35 | 994,1 | 4,175 | 0,624 | 720,72 |
| 40 | 992,2 | 4,175 | 0,633 | 652,87 |
| 45 | 990,2 | 4,176 | 0,64 | 654,52 |
| 50 | 988,1 | 4,178 | 0,647 | 549,38 |
| 55 | 985,7 | 4,179 | 0,652 | 509,61 |
| 60 | 983,2 | 4,181 | 0,658 | 469,97 |
| 65 | 980,6 | 4,184 | 0,663 | 435,39 |
| 70 | 977,8 | 4,187 | 0,668 | 405,79 |
| 75 | 974,9 | 4,19 | 0,671 | 356,81 |
| 80 | 971,8 | 4,194 | 0,673 | 353,74 |
| 85 | 968,7 | 4,198 | 0,676 | 328,39 |
| 90 | 965,3 | 4,202 | 0,678 | 314,68 |
| 95 | 961,9 | 4,206 | 0,680 | 298,19 |