

INSTRUKCJA 5

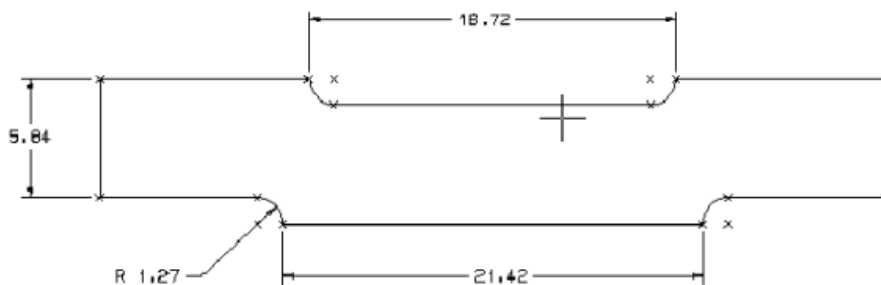
Modele RANS z wymianą ciepła

1 Wprowadzenie

Celem dzisiejszego laboratorium jest wykonanie symulacji przepływu przez wymiennik ciepła z użyciem modelu typu RANS wraz z uwzględnieniem turbulentnej wymiany ciepła. Uzyskane wyniki porównamy z danymi eksperymentalnymi. Dokonamy również oceny, jak bardzo na uzyskane wyniki wpływa wybrany model turbulencji oraz schematy dyskretyzacji.

2 Opis geometrii

Geometria fragmentu wymiennika (użyjemy periodycznych warunków brzegowych) przedstawiona jest na Rysunku 1. Siatka obliczeniowa została już przygotowana i jest dostępna w pliku *htx.msh*. Siatka przedstawia fragment wymiennika ciepła, w którym umieszczone są przesunięte względem siebie niewielkie żeberka, zwiększające wymianę ciepła przez fakt, że na każdym z nich rozwija się nowa warstwa przyścienna, a ich naprzemienne ułożenie zwiększa turbulentne mieszanie przepływu. Załóżmy, że ciekły amoniak o temperaturze 240 K ma być ogrzany w wymienniku, a ścianki wymiennika są utrzymywane w stałej temperaturze 350 K. Przy lepkości amoniaku, szerokości połowy kanału i wydatku masowym wynoszącym 1.385 kg/s daje to liczbę Reynoldsa równą 9000 i tym samym turbulentny przepływ.



Rysunek 1: Geometria obszaru obliczeniowego wraz z wymiarami podanymi w milimetrach.

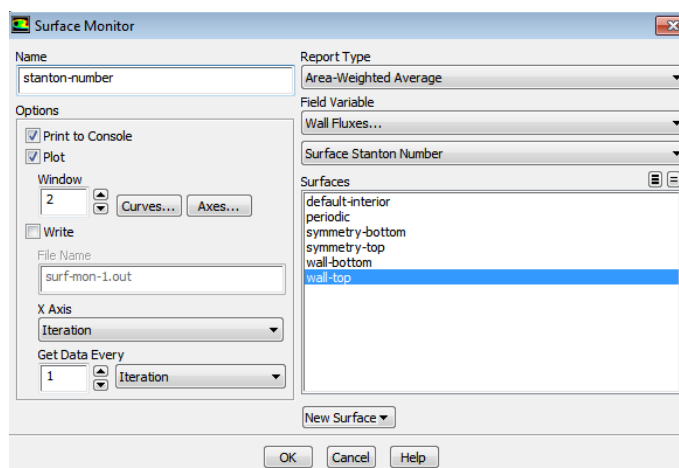
Z danymi eksperymentalnymi porównamy jedynie wartości współczynnika oporu, który charakteryzuje spadek ciśnienia na wymienniku oraz wartość liczby Stanton mówiącej o średnim współczynniku przejmowania ciepła w odniesieniu do pojemności cieplnej strumienia płynu. Oba parametry są zdefiniowane w następujący sposób.

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A}$$

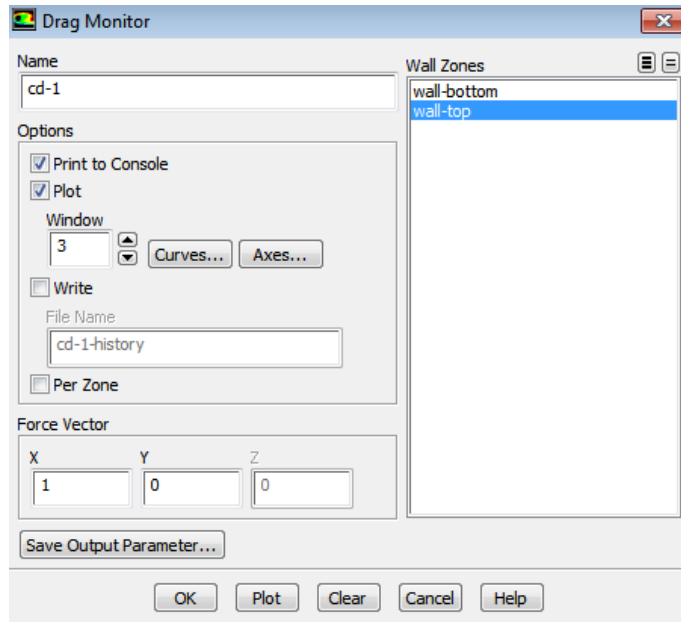
$$C_D = \frac{h}{\rho U c_p}$$

3 Obliczenia w środowisku Ansys Fluent

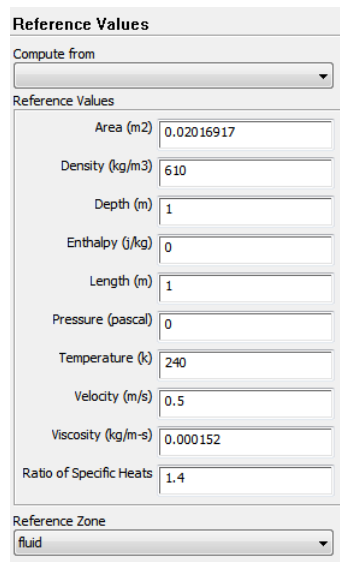
1. Otwórz Fluent, wybierając podwójną precyzję obliczeń, tryb dwuwymiarowy oraz uruchamiając obliczenia na jednym procesorze.
2. Wczytaj siatkę *htx.msh*.
3. Wybierz *Mesh* → *Check*.
4. Wybierz *Mesh* → *Scale* i podaj współczynniki skalujące wynoszące $1e - 6$.
5. Pozostaw standardowe ustawienia solvera i przejdź do zakładki *Models*. Włącz rozwiązywanie równania energii oraz wybierz model turbulencji $k-\epsilon$ RNG wraz z *Enhanced Wall Treatment*.
6. W zakładce *Materials* skopiuj *ammonia-liquid (nh3)* z bazy danych.
7. W *Cell Zone Conditions* wybierz amoniak jako obowiązujący w domenie płyn.
8. W zakładce *Boundary Conditions* ustaw temperaturę dolnej i górnej ścianki na 350 K. Ponadto wyedytuj warunek *periodic* i upewnij się, że wybrany jest typ *translational*.
9. Kliknij na przycisk *Periodic Conditions...*, wybierz opcję *Specify Mass Flow* i ustaw *Mass Flow Rate* na 1.385 kg/s, a *Upstream Bulk Temperature* na 240 K.
10. Przejdź do inicjalizacji przepływu. Wybierz standardową inicjalizującą i przypisz poziomą składową prędkości wynoszącą 0.39 m/s, energię kinetyczną turbulencji wynoszącą $2.28 \cdot 10^{-3} m^2/s^2$, dyssypację na poziomie $0.21 m^2/s^3$ i temperaturę wynoszącą 240 K.
11. Przejdź do zakładki *Solution* → *Monitors* i wyedytuj poziom residuali tak, aby każdy z nich obniżyć o rząd wielkości.
12. Ustaw monitorowanie liczby Stanton dla górnej ścianki. Wejdź do *Solution* → *Monitors* → *Surface Monitors...* → *Create* i wybierz ustawienia identyczne z obrazkiem poniżej.



13. Podobnie w *Solution* → *Monitors* → *Residuals, Statistics and Force Monitors* → *Create* ustaw monitorowanie współczynnika oporu. Szczegóły przedstawia poniższy obrazek.



14. Teraz należy ustawić odpowiednio wartości odniesienia. Poprawne wartości przedstawia obrazek poniżej.



15. Przejdź do zakładki *Solution* → *Solution Methods* i ustaw dla wszystkich równań schemat upwind drugiego rzędu w przestrzeni.

16. Następnie przejdź do *Solution* → *Solution Controls* i po kliknięciu w przycisk *Equations* wyłącz rozwiązywanie równania energii. Najpierw dokonamy obliczeń przepływu, a równanie energii rozwiążemy dopiero później, gdy wyłączymy rozwiązywanie równań N-S oraz wielkości turbulentnych.
17. Uruchom obliczenia przepływu. Wykonaj tyle iteracji, ile potrzeba, aby przepływ się dobrze zbiegł.
18. Obejrzyj wartości y^+ przy ścianie i dokonaj oceny poprawności siatki dla wybranego modelu turbulencji i sposobu rozwiązania warstwy przyściennej.
19. Włącz teraz rozwiązywanie równania energii, wyłącz rozwiązywanie równań przepływu oraz wielkości charakteryzujących turbulencję, a współczynnik podrelaksacji dla równania energii zmień na 0.95. Uruchom obliczenia i wykonaj tyle iteracji, aby zbiec do wymaganego poziomu zbieżności. Następnie w kilku krokach zwiększ współczynnik podrelaksacji tak, aby osiągnąć wartość 1. Po każdej zmianie współczynnika uruchom obliczenia.
20. Po osiągnięciu zbieżności wejdź do *Display* → *Views*, wybierz płaszczyzny *symmetry-bottom* i *symmetry-top* jako *Mirror Planes* i zaakceptuj swój wybór. Obejrzyj teraz mapy prędkości, ciśnienia, temperatury, energii kinetycznej turbulencji i jej dyssypacji oraz lepkości turbulentnej.
21. Sczytaj uzyskane przez Ciebie w symulacji wartości liczby Stanton'a oraz współczynnika oporu i porównaj z wartościami eksperymentalnymi wynoszącymi $c_D = 0.019$ i $St = 3.87 \cdot 10^{-3}$.
22. Zmień teraz schemat dyskretyzacji pochodnych konwekcyjnych dla równań pędu i wielkości turbulentnych na schemat pierwszego rzędu i ponownie wykonaj obliczenia. Porównaj teraz swoje wyniki z eksperymentem.
23. Wróć do poprzednich schematów dyskretyzacji, zmień model turbulencji na $k - \omega SST$, ponownie wykonaj obliczenia i porównaj wyniki z eksperymentem.