

Praca dyplomowa inżynierska

Modelowanie pracy pojemnościowego podgrzewacza ciepłego przy użyciu obliczeniowej mechaniki płynów



Autor: Adam Zieliński

Nr albumu: 277605

Promotor: prof. nzw. dr hab. inż. Łukasz Makowski

Rok akademicki: 2018/2019

Wprowadzenie

Ciepła woda jest niezbędnym elementem w codziennym życiu człowieka, używana jest na przykład podczas kąpieli, prania ubrań, czy zmywania naczyń. Najbardziej popularny rodzaj podgrzewaczy wody – elektryczny pojemnościowy podgrzewacz wody ma kilka wad, takich jak osadzanie się kamienia, występowanie stref martwych, a nawet korozja. Pogarszają one parametry pracy urządzenia, głównie wymianę ciepła i żywotność. Jednym z zadań inżynierii chemicznej i procesowej jest poprawa efektywności pracy aparatów i wydajności zachodzących w nich procesów. Proces zagrzewania cieczy w zbiorniku jest to proces złożony, obejmujący zagadnienia z mechaniki płynów, kinetyki procesowej oraz wymiany ciepła. Opis matematyczny tego problemu tworzy bardzo skomplikowany układ równań różniczkowych, których nie da się rozwiązać analitycznie. Obliczeniowa mechanika płynów (CFD) daje możliwość przeprowadzenia tzw. „eksperymentu numerycznego” w wytworzonych przez oprogramowanie komputerowe warunkach, odpowiadających rzeczywistemu środowisku badanego układu.

Cel i zakres pracy

Celem pracy były symulacje numeryczne pracy pojemnościowego podgrzewacza wody o pojemności 100 litrów przy zastosowaniu obliczeniowej mechaniki płynów oraz próba modyfikacji geometrii wybranego podgrzewacza tak, aby poprawić jego parametry pracy.

Zakres pracy obejmuje:

- przegląd dostępnych na rynku pojemnościowych podgrzewaczy wody;
- stworzenie domeny obliczeniowej i przeprowadzenie symulacji komputerowej dla różnych wariantów przepływu wody przez wybrane urządzenie (układ I);
- modyfikacja geometrii aparatu i przeprowadzenie obliczeń przy użyciu CFD (układ II);
- interpretacja wyników i porównanie obu układów.

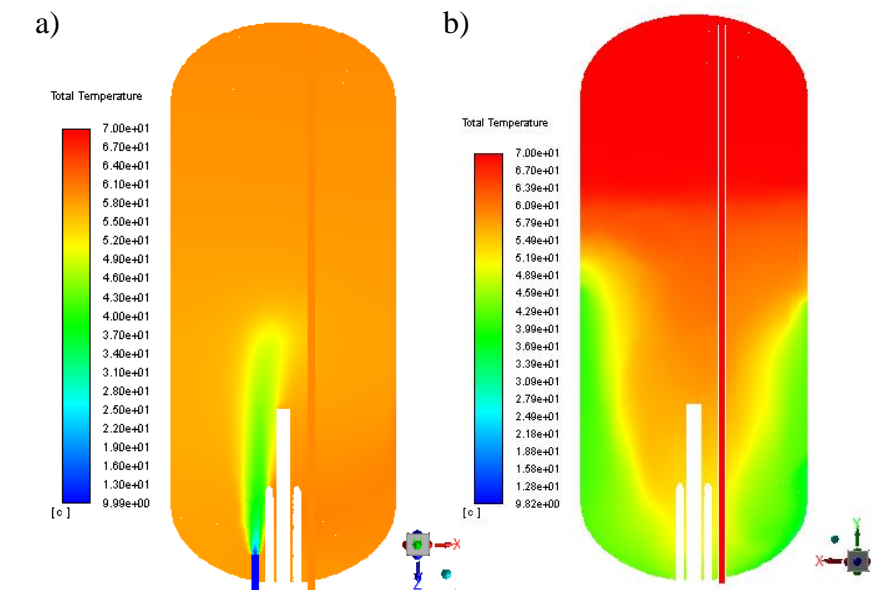
Geometria układu

Układ I to geometria odwzorowana na podstawie rysunku i wymiarów elektrycznego podgrzewacza pojemnościowego wody o pojemności 100 litrów dostępnego na rynku.

W układzie II elektrycznego pojemnościowego podgrzewacza wody wprowadzono modyfikację polegającą na zastosowaniu stycznego wlotu umieszczonego w dennicy zbiornika, przy zachowaniu wymiarów układu I.

Modelowanie matematyczne

Symulacje wykonano w programie Fluent firmy ANSYS. W tym celu naniesiono na każdy z układów siatkę numeryczną. Rozważono podgrzewanie wody bez przepływu, 180 sekund pobierania ciepłej wody oraz proces ustalony poboru wody z aparatu. Obliczenia wykonano dla różnych wartości przepływu wody, dobranych na podstawie prawdopodobnych strumieni objętościowych poboru wody w gospodarstwie domowym.



Rys 1. Porównanie rozkładu temperatur po czasie 180 [s] podczas pobierania wody dla układu I (a) oraz układu II (b).
 $Q = 0,5 \text{ [dm}^3\text{/s]}$, grzałka wyłączona.

Wyniki obliczeń

- Największy gradient temperatur występuje w pobliżu włączonej grzałki elektrycznej.
- Obliczenia wykazały, iż pojemnościowy podgrzewacz elektryczny o pojemności 100 litrów i mocy grzałki wynoszącej 1,5 [kW] nie może być z powodzeniem stosowany do pracy ciągłej, ponieważ osiągnięte wartości temperatury wody na wylocie są zbyt niskie, aby sprostać wymaganiom gospodarstwa domowego.
- Dla wartości strumienia objętościowego wody $Q = 0,1 \text{ [dm}^3\text{/s]}$ oraz $Q = 0,5 \text{ [dm}^3\text{/s]}$ zaobserwowano stałość temperatury pobieranej ze zbiornika wody przez 180 sekund trwania procesu dla układu II. Dla układu I w tym samym procesie obserwowane są spadki temperatury zależne od przepływu.
- Przy $Q = 0,9 \text{ [dm}^3\text{/s]}$ temperatura odbieranej z układu I wody zmienia się skokowo. Takie wahania świadczą o nieregularnym rozkładzie temperatur wody i są niepożądane z punktu widzenia zastosowania ciepłej wody użytkowej w gospodarstwie domowym. W układzie II temperatura płynu na wylocie zmienia się w przybliżeniu liniowo.
- Wzrost średniej temperatury płynu w czasie podgrzewania wody bez przepływu jest liniowy. Wartości czasu potrzebne do zagrzania 100 litrów wody podane przez producenta w karcie katalogowej urządzenia różnią się od obliczonych, są jednak prawdopodobne.

Wnioski

Zastosowanie wlotu stycznego powoduje zmniejszenie stref martwych, szczególnie przy dnie zbiornika, co ogranicza warunki rozwoju groźnej dla zdrowia bakterii Legionella. Dodatkowo, tak podawany płyn wprowadzany jest w ruch wirowy, co zwiększa intensywność mieszania i obniża temperaturę maksymalną płynu (występującą przy włączonej grzałce elektrycznej). Niweluje to osadzanie się kamienia kotłowego i zwiększa odporność na korozję wżerową. Dzięki modyfikacji geometrii temperatura pobieranej wody to maksymalna temperatura wody panująca w zbiorniku.