



POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Techniki Ciepłej



PRACA DOKTORSKA

MODELOWANIE PROCESÓW ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ WYBRANYCH CZYNNIKÓW W OBUDOWIE BEZPIECZEŃSTWA REAKTORA PWR PO AWARII LOCA

Autor
mgr inż. Magdalena Orszulik

Promotor główny
prof. dr hab. inż. Jan Składzień
Promotor pomocniczy
Dr inż. Adam Fic

Gliwice 2014

Streszczenie

W badaniach dotyczących bloków jądrowych szczególną uwagę poświęca się analizom stanów awaryjnych. Do najpoważniejszych analizowanych awarii, które mogą hipotetycznie wystąpić w reaktorach, należą awarie rozszczelnieniowe, nazywane powszechnie awariami typu LOCA (Loss of Coolant Accident). Z rozszczelnionego obiegu wypływa wówczas do atmosfery obudowy bezpieczeństwa reaktora gorąca radioaktywna woda, która natychmiast odparowuje, a w dalszych fazach awarii wypływa również wodór. Ściany obudowy stają się wówczas jedyną barierą chroniącą otoczenie przed radioaktywnymi produktami rozszczepienia. W obudowie zachodzą złożone procesy wymiany ciepła i masy z udziałem fazy ciekłej i gazowej (para wodna, powietrze, a niekiedy także wodór grożący wybuchem), występuje zmiana fazy, oddawanie ciepła do elementów konstrukcyjnych i ścian obudowy.

W ramach prezentowanej pracy opracowano modele procesów występujących w obudowach bezpieczeństwa reaktorów PWR w trzech fazach awarii rozszczelnieniowej wykorzystując w tym celu komercyjny kod CFD ANSYS Fluent.

Model fazy pierwszej dotyczy wielofazowego przepływu masy i ciepła w zamkniętej komorze. Model zakłada istnienie dwóch faz: wody ciekłej i gazu będącego mieszaniną pary wodnej i powietrza. Uwzględniono w nim również zmianę fazy i wymianę ciepła ze ścianami. Drugi model dotyczy mieszania powietrza, pary wodnej i lekkiego gazu (helu, symulującego w eksperymencie wodór). Założono jednofazowy przepływ mieszaniny tych gazów uwzględniając dyfuzję masową dla każdego ze składników mieszaniny.

W ostatniej części pracy zaprezentowany został model pasywnego autokatalitycznego rekombinatora wodoru oraz model rekombinatora umieszczonego w komorze obudowy bezpieczeństwa. Modele opisują transport pary wodnej, tlenu, azotu i wodoru oraz przepływ ciepła w obszarze katalitycznego rekombinatora wodoru i jego otoczeniu, przy uwzględnieniu egzotermicznej katalitycznej reakcji powierzchniowej utleniania wodoru. Problem rekombinatora umieszczonego w komorze obudowy bezpieczeństwa został opisany w ostatnim rozdziale w dwojaki sposób: dwuwymiarowy model z uwzględnieniem części katalitycznej w postaci płytek oraz trójwymiarowy w którym część katalityczną stanowi element o strukturze porowatej.

Otrzymane wyniki wskazują, że modelowanie za pomocą CFD początkowych faz awarii LOCA w obudowach bezpieczeństwa jest możliwe, jednak bardzo wymagające pod względem czasochłonności obliczeń. Związane jest to z intensywnością procesów zachodzących wówczas w obudowie bezpieczeństwa oraz jej kubaturą. Realne jest natomiast modelowanie z wykorzystaniem numerycznej mechaniki płynów dalszych faz awarii, kiedy do pracy wchodzi pasywne rekombinatory wodoru.