



Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. **MICHAŁ SPIRZEWSKI**

temat: ***New Best-Estimate model for dryout prediction at BWR operating conditions***

dziedzina: nauki techniczne /nauki inżynieryjno-techniczne

dyscyplina: energetyka/ inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Konrad Świrski - Politechnika Warszawska

Recenzenci:

dr hab. Ludwik PIEŃKOWSKI, prof. AGH z Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

prof. dr hab. Zbigniew Konrad CZERSKI z Uniwersytetu Szczecińskiego

Niniejsza rozprawa doktorska poświęcona jest analizie zjawiska wyschnięcia ścianki, które może wystąpić w Reaktorach Wodnych Wrzących. W trakcie rozprawy przedstawiona jest charakterystyka ogólna reaktorów wodnych wrzących. Następnie, dyskusja przechodzi do przeglądu literatury który jest poświęcony fizycznym aspektom przepływu pierścieniowego którego opis jest niezbędny do poprawnego zrozumienia problemu. Co więcej, inne zjawiska występujące wraz z wystąpieniem przepływu pierścieniowego, takie jak zmiana reżimu przepływu oraz początkowy udział masowy kropelek wody, są opisane. Autor prezentuje również stan techniki podejścia do modelowania matematycznego, którego celem jest oszacowanie Krytycznego Strumienia Ciepła, przy którym dochodzi do zjawiska wyschnięcia ścianki. Wprowadzenie do modelu dwupłynowego jest poprzedzone prezentacją równań lokalnych chwilowych oraz odpowiednich procesów uśredniania. Następnie, przedstawione są koncepcje Globalnej Analizy Niepewnościowej oraz Globalnej Analizy Czułościowej, których zastosowanie pozwala skwantyfikować niepewności wraz z ich źródłami.

W dalszej części pracy, autor przedstawia wyniki oceny modeli kodu systemowego CATHARE-3 w kontekście bazy adiabatycznych oraz diabatycznych eksperymentów w pionowych rurach. Jednocześnie, przeprowadzone jest studium porównawcze, którego celem jest walidacja alternatywnych modeli dla zjawisk odrywania i osadzania kropelek wody dla trzy-polowego modelu kodu CATHARE-3. Z jednej strony adiabatyczne eksperymenty pokazują obszary gdzie nowe alternatywne modele poprawiają jakość wyników, jak również zidentyfikowane są słabości obu modeli. Z drugiej strony, rozszerzenie bazy eksperymentów z wymianą ciepła pokazuje, że aktualne modele odrywania wynikające z wrzenia oraz model hamowania procesu osadzania przeszacowują wyniki obliczeń w kontekście zmierzonych wartości eksperymentalnych przy wysokich strumieniach ciepła. Co więcej, modele w kodzie systemowym CATHARE-3 są rozszerzone o modelowanie zjawiska początkowego udziału masowego kropelek wody (IEF). Tenże model został rozwinięty na podstawie danych pochodzących z eksperymentu przeprowadzonego w KTH, a następnie zwalidowany przy użyciu danych eksperymentalnych otrzymanych przez Wurtza. Nowy zestaw modeli poprawia szacowania przepływu pola kropelek względem eksperymentalnej bazy danych.

Dalej, fenomenologiczny model dwufazowego przepływu pierścieniowego z możliwością szacowania wystąpienia zjawiska wyschnięcia ścianki jest rozwijany i zaimplementowany do kodu CATHARE-3. Model ten zawiera istniejące już modelujące zjawiska odrywania i osadzania kropelek wody, wraz z nową korelacją determinującą początkowy udział masowy kropelek wody. Zaproponowany model pozwala znacząco zredukować średni błąd względem ciśnienia oraz przepływu, w porównaniu z wartościami zmierzonymi w eksperymentach w rurach o średnicy od 8 do 14.9 mm, ciśnieniu od 3 do 10 MPa, strumieniach masowych od 500 do 6000 kg/m²s, długości sekcji od 1 do 7 metrów, przechłodzeniu na wlocie od 10 do 100 K oraz przy strumieniach ciepła od 0.15 do 3.9 MW/m². Pokazano również, że w odpowiednich warunkach model ten nie jest w stanie poprawnie oszacować Krytycznego Strumienia Ciepła, niezależnie od wybranej wartości IEF. To zachowanie jest dokładnie przestudiowane gdyż nie poświęcono temu zagadnieniu większej uwagi w dostępnej literaturze, pomimo, że jest to kres możliwości stosowania tegoż modelu przy szacowaniu wystąpienia zjawiska wyschnięcia ścianki.

Niepewności obliczeń numerycznych ogrywiają kluczową rolę przy szacowaniu marginesów bezpieczeństwa w reaktorach jądrowych. W dalszej części pracy, zaprezentowane i omówione są niepewności obliczeń



Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

otrzymanych za pomocą modelu Hewitta-Govana, który został użyty do symulacji zjawisk odrywania i osadzania kropelek wody w fenomenologicznym modelu szacowania zjawiska wyschnięcia ścianki. Wyniki Globalnej Analizy Niepewnościowej przedstawione są w formie trendów wartości niepewności względem ciśnienia, strumienia masowego oraz przechłodzenia na wlocie. Zidentyfikowane zostają regiony dużych i małych niepewności oraz zostają zaprezentowane w formie tabeli. Użycie metod Globalnej Analizy Czułościowej pozwoliło na skwantyfikowanie źródeł niepewności z dużą dokładnością dla dużego spektrum wartości eksperymentalnych. Z uwagi na zapotrzebowanie na dużą ilość obliczeń, rozwinięty został kod systemowy DARIA a następnie użyty w tej analizie. Najważniejszym wnioskiem tej pracy jest to, iż w przypadku zastosowania danego modelu do geometrii pęczka rur, okazuje się, że najważniejszym parametrem wpływającym na poprawne oszacowanie krytycznego strumienia ciepła jest przepływ masy chłodziwa pomiędzy podkanałami.