

Prof. dr hab. inż. Marek PRONOBIS

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych  
Politechniki Śląskiej

**RECENZJA  
DYSERTACJI DOKTORSKIEJ**

**mgr inż. Marzeny NOWAK-OCŁOŃ**

**„MODELOWANIE ZJAWISK PRZEPLYWOWO-CIEPLNYCH  
W RURACH EKRAKOWYCH KOMÓR PALENISKOWYCH  
KOTŁÓW NA PARAMETRY NADKRYTYCZNE”**

**1. Uwagi ogólne**

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej z dnia 16.12.2016 r.

Zasadniczym celem przedłożonej dysertacji było stworzenie modelu matematycznego pozwalającego na odtwarzanie rzeczywistego przebiegu temperatury wody i ścianki ekranowej rury membranowej w kotłach nadkrytycznych. Praca liczy 84 strony a spis literatury zawiera 55 pozycji.

Wstępny rozdział 1 zawiera prezentację rozwiązywanego problemu na tle innych prac w tej tematyce kładąc nacisk na trudności w modelowaniu wody w stanie nadkrytycznym związane z jej właściwościami fizycznymi.

W rozdziale 2 autorka przedstawia cel i zakres pracy. Celem jest opracowanie modelu uwzględniającego nierównomierność obciążenia cieplnego na obwodzie rury ekranowej oraz wzdłuż jej długości. Ważnym warunkiem było maksymalne uproszczenie modelu, aby przyspieszyć obliczenia. Zakres pracy, oprócz stworzenia modelu matematycznego obejmuje jego weryfikację obliczeniową i pomiarową, w oparciu o wyniki monitoringu kotła BB 2400. Tezę pracy zamieszczono w krótkim rozdziale 3.

Rozdział 4 opisuje opracowany model matematyczny. Jest to model jednowymiarowy, o parametrach rozłożonych, rozwiązujący pełne równania bilansowe zachowania masy, pędu i energii. Zgodnie z tematem pracy przyjęto jednofazowy czynnik w rurach. Do rozwiązania równań wykorzystano metodę różnic skończonych oraz metodę Crank - Nicolson.

W rozdziale 5 przedstawiono sposób ewaluacji modelu za pomocą rozwiązania ścisłego dla stanu nieustalonego, co jest dostępne w literaturze dla prostych przypadków.

Szósty rozdział pracy zawiera sprzężony model wymiany ciepła w rurze ekranowej z żebrami, jako elementu ściany membranowej. Przepływ czynnika modelowano jednowymiarowo, zaś ściankę dwuwymiarowo (1D/2D). Natomiast w rozdz. 7 model ten został zweryfikowany modelem 1D/3D, gdzie model rury opłętowanej jest przestrzenny, uwzględniający przewodzenie ciepła wzdłuż jej długości.

Ósmy rozdział pracy poświęcono opracowaniu, w oparciu o dane literaturowe, funkcji opisujących właściwości termofizyczne wody i pary z uwzględnieniem obszaru nadkrytycznego a także właściwości różnych typów stali.

Dla weryfikacji opracowanego modelu przeprowadzono obliczenia porównujące jego wyniki z uzyskanymi z rozwiązania ścisłego, zaś wspomniany model 1D/2D z modelem 1D/3D (rozdz. 9). Weryfikację dla warunków rzeczywistego kotła przeprowadzono dokonując obliczeń rur ekranowych kotła BB 2400. Weryfikacja wykazała, że stworzony w pracy model obliczeniowy daje rezultaty o dokładności wystarczającej dla jego zastosowania do bieżącego monitorowania pracy rur ekranowych. W omawianym rozdziale przeprowadzono ponadto szczegółową analizę błędów obliczeń numerycznych. Ważnym elementem weryfikacji były pomiary przebiegów temperatur, strumienia czynnika i jego ciśnienia dolotowego w rurach ekranowych kotła BB 2400.

Część merytoryczną pracy kończy podsumowanie stanowiące rozdział 10.

## 2. Szczegółowe uwagi krytyczne

Praca jest napisana starannie, a zauważone błędy są nieliczne i nieistotne z merytorycznego punktu widzenia. Np. na schemacie blokowym str. 16 zamiast „wypływającej” powinno być „wypływającego”.

Część opisowa poszczególnych rozdziałów jest nadmiernie lakoniczna, co miejscami utrudnia zrozumienie tekstu. Przykładem może być rozdz. 5, gdzie wprawdzie powołano się na pracę [Serov, 1981], ale dalszy tekst nie mówi wprost, że opisane równania pochodzą z tej pracy. Nie podano tego także w rozdz. 9.2.

Bardziej szczegółowego opisu wymagałby sposób przyjęcia rozkładu obciążenia cieplnego wzdłuż wysokości paleniska pokazany na Rys. 9.3.1. Informacja „na podstawie danych technicznych kotła” niewiele mówi. Rozkład obciążenia jest przecież związany z warunkami pracy kotła i zależy chociażby od wydajności.

Niejasny jest Rys. 10.1 - przerywana czerwona linia jest opisana „wartość przyjęta do obliczeń (0,81 kg/s)”, podczas gdy wcześniejszy opis mówi o zmierzonym strumieniu.



### 3. Ocena pracy

Recenzowaną pracę oceniam pod względem merytorycznym wysoko. Problem monitorowania ekranów paleniska kotła nadkrytycznego jest niezwykle ważny, szczególnie przy ciągle podnoszonych parametrach czynnika. Ważnym elementem dysertacji jest szczegółowa weryfikacja modelu pozwalająca ocenić dopuszczalność uproszczeń zastosowanych w uproszczonej jego wersji. Uproszczenia te zmniejszając czas obliczeń pozwolą na monitorowanie modelowanych zjawisk w trybie on-line, co pozwala wykorzystać opracowany model jako element symulatora bloku energetycznego. Należy nadmienić, że model pozwala na obliczenia zarówno zjawisk zachodzących w rurach pionowych jak i prowadzonych spiralnie po obwodzie paleniska. Należy przy tym podkreślić duży nakład pracy potrzebny do stworzenia modeli obliczeniowych.

Recenzowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się właściwą wiedzą i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane modele stanowią postęp w stosunku do innych rozwiązań tego rodzaju i mają dużą przydatność praktyczną. W tym kontekście praca spełnia wymogi stawiane przez obowiązującą ustawę. Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia wnoszę o dopuszczenie pani mgr inż. Marzeny Nowak-Octoń do obrony pracy.

