

Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. PAWEŁ DOMITR

temat: **Metodyka wykonywania obliczeń najlepszego szacowania wraz z oceną niepewności na podstawie metod wstecznej kwantyfikacji niepewności**

dziedzina: nauki techniczne / nauki inżynierjno-techniczne

dyscyplina: energetyka/ inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

promotor pracy: dr hab. inż. Rafał Laskowski, prof. uczelni - Politechnika Warszawska, Wydział MEiL

Recenzenci:

dr hab. Tomasz Kozłowski – Narodowe Centrum Badań Jądrowych

prof. dr hab. inż. Jan Składzień – Politechnika Śląska

dr hab. Ludwik Pieńkowski, prof. AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Niniejsza rozprawa traktuje o nowej metodyce wykonywania obliczeń najlepszego szacowania wraz z oceną niepewności, która pozwala na usprawnienie dotychczas stosowanych metod poprzez uwzględnienie wstecznej kwantyfikacji niepewności parametrów wejściowych. Metodyka najlepszego szacowania wraz z oceną niepewności może być wykorzystywana jako jedno z podejść do wykonywania deterministycznych analiz bezpieczeństwa dla awarii projektowych w reaktorach jądrowych. Zaproponowana metodyka bazuje na połączeniu najlepszych praktyk wykonywania obliczeń niepewności przy wykorzystaniu dotychczasowo stosowanych metod, jednocześnie pozwalając na minimalizację niepewności wynikających z efektu użytkownika. Równocześnie zaproponowano, wdrożono oraz zademonstrowano w praktyce użyteczność dwóch metod obliczeniowych wykonywania wstecznej kwantyfikacji niepewności. Uzyskane w wyniku przeprowadzonej kwantyfikacji rozkłady gęstości parametrów zostały następnie poddane procesowi walidacji.

W rozprawie przedstawiono najważniejsze zagadnienia związane z wykonywaniem deterministycznych analiz bezpieczeństwa stosując podejście najlepszego szacowania wraz z oceną niepewności. Omówiono obecnie stosowane metody wraz z ich zaletami i wadami, co stanowiło podstawę i motywację do zaproponowania usprawnień i opracowania nowej metodyki. W dalszej części rozprawy przedstawiono opis metodyki składającej się z sześciu głównych elementów. Omówiono szczegółowo wszystkie elementy wraz ze składającymi się na nie krokami. Kolejne części rozprawy przedstawiają wdrożenie każdego elementu metodyki. Znacząca część rozprawy poświęcona jest opisowi metod obliczeniowych wstecznej kwantyfikacji niepewności parametrów wejściowych kodu cieplno-przepływowego TRACE opisujących trzy wybrane zjawiska obserwowane podczas awarii typu LBLOCA: wpływ

krytyczny, wymianę ciepła w rdzeniu oraz propagację frontu zalewania. Obliczenia niepewności dla tych parametrów wykonano dla dwóch instalacji eksperymentalnych Marviken i Flecht Seaset. Pierwsza z metod oparta jest o wnioskowanie Bayesowskie oraz wykorzystanie numerycznych metod Monte Carlo. Druga z metod oparta jest o algorytm uczenia maszyn. Algorytm nadzorowanego uczenia maszyn zaimplementowano do oceny miary rozbieżności między danymi eksperymentalnymi a obliczeniami wykonywanymi z zastosowaniem kodu obliczeniowego. Rozwiązaniem problemu wstecznej kwantyfikacji niepewności parametrów wejściowych kodu obliczeniowego są rozkłady gęstości prawdopodobieństwa tych parametrów oparte o wiedzę na temat ich wpływu na uzyskiwane wyniki obliczeń w odniesieniu do danych eksperymentalnych. W rozprawie przedstawiono następnie obliczenia walidacyjne dla uzyskanych rozkładów. Walidację wykonano przeprowadzając obliczenia dla instalacji eksperymentalnej LOFT, w której badano zjawiska fizyczne zachodzące podczas awarii typu LBLOCA. Zaprezentowano również ostateczne obliczenia najlepszego szacowania wraz z oceną niepewności dla ciśnieniowego reaktora wodnego dla awarii typu LBLOCA. Obliczenia te stanowią ostatni element zaproponowanej metodyki. Rozprawa zakończona jest przedstawieniem wniosków na temat użyteczności metodyki, możliwości ograniczania efektu użytkownika, jakie dają zaproponowane metody wstecznej kwantyfikacji niepewności oraz dalszego kierunku badań nad rozwojem metodyki i metod obliczeniowych.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, bezpieczeństwo jądrowe, obliczenia niepewności, wsteczna kwantyfikacja niepewności, TRACE, Markov Chain Monte Carlo, uczenie maszyn