

## Streszczenie

Reaktory Wysokotemperature Chłodzone Gazem (HTGR) są obecnie obiecującą technologią do wielorakich zastosowań, wliczając w to produkcję energii, odsalanie wody, przemysł chemiczny czy produkcję wodoru. Obowiązujące w przemyśle jądrowym standardy bezpieczeństwa wymagają, aby w każdych warunkach zachować bezpieczeństwo reaktora.

W reaktorach wysokotemperaturowych istotną sprawą jest temperatura kapsułek TRISO, gdyż przegrzanie ich może grozić uwolnieniem radioaktywnych produktów rozszczepienia z paliwa. Z drugiej strony, reaktory te charakteryzują się inherentnymi cechami bezpieczeństwa wynikającymi z ujemnego współczynnika temperaturowego. Na ten współczynnik składają się zjawiska powodujące zmniejszanie mocy ze wzrostem temperatury paliwa, takie jak temperaturowy efekt Dopplera czy utwardzenie spektrum energii neutronów. Do uwzględnienia niniejszych zjawisk konieczne jest przeprowadzenie zintegrowanych obliczeń cieplno-przepływowych i neutronicznych.

Znaczącym wyzwaniem w modelowaniu reaktorów wysokotemperaturowych jest ich złożona struktura, na którą składają się elementy paliwowe z cząstkami TRISO. O ile uwzględnienie tej podwójnej heterogeniczności nie stanowi wyzwania w obliczeniach neutronicznych, to jest bardzo trudne w obliczeniach cieplno-przepływowych, nawet z wykorzystaniem numerycznej mechaniki płynów (CFD). Należy również zauważyć, że wspomniane CFD z racji na swoje wysokie wymagania nie są odpowiednie do modelowania całego reaktora, ale mogą być skutecznie wykorzystane do dokładniejszych obliczeń mniejszego elementu, takiego jak pręt paliwowy.

W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę reaktorów wysokotemperaturowych chłodzonych gazem wraz z ich historią oraz zjawiskami mającymi wpływ na współczynnik temperaturowy. Przedstawiono też przykład zintegrowanych obliczeń, jakim był projekt PUMA, wykorzystujący programy MCB oraz POKE. Dla pokazania istotności związku z między rozkładem mocy a rozkładem temperatury przeprowadzono symulacje operacji reaktora z innowacyjną strukturą prętów kontrolnych. Efektem było znaczące wyrównanie rozkładu mocy i zmniejszenie temperatur w rdzeniu. Celem niniejszej pracy było wykazanie, że dokładne obliczenia CFD mogą wspierać zintegrowane obliczenia cieplno-przepływowe i neutroniczne poprzez dokładniejsze odwzorowanie mniejszej składowej reaktora.

Do przedstawionych wcześniej obliczeń w MCB i POKE wykonano model pojedynczego pręta paliwowego w OpenFOAM, którego zadaniem było dokładniejsze odwzorowanie lokalnego rozkładu temperatury. Uzyskano temperatury mniejsze niż w POKE, niemniej przy uproszczeniu jednorodnego rozkładu ciepła. Aby zweryfikować to uproszczenie wykorzystano program Serpent, dający możliwość przeprowadzenia zintegrowanych obliczeń z OpenFOAM z wykorzystaniem specjalnego interfejsu oraz możliwości pracy na losowym rozkładzie TRISO. W wyniku tych obliczeń uzyskano temperatury większe jedynie o ok. 10 K, co można traktować jako margines błędu podczas normalnej operacji reaktora w analizowanym przypadku. Wymagane jest jednak przeprowadzenie dalszych badań celem zidentyfikowania roli czynników związanych z siatką czy właściwościami TRISO, a także uwzględnienie przedstawionej metodologii w obliczeniach całego rdzenia.