

RADIONUKLIDŲ SUSIDARYMO AUKŠTO ĮSODRINIMO BRANDUOLINIO REAKTORIAUS KURE VERTINIMAS

EVALUATION OF RADIONUCLIDE PRODUCTION IN HIGHLY ENRICHED NUCLEAR REACTOR FUEL

Džiugas Vyšniauskas^{1,2}, Rita Plukienė¹, Artūras Plukis¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

²Vilniaus universitetas, Cheminės fizikos institutas, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius
dziugas.vysniauskas@ff.stud.vu.lt

Modeliniu būdu charakterizuojant radioaktyvias atliekas, susidariusias branduolinio objekto eksploataavimo metu, yra labai svarbus tikslus šaltinio aprašymas. Pasitaiko situacijų, kai turima reaktoriaus, jame naudoto branduolinio kuro bei konstrukcinių medžiagų informacija, o taip pat eksploatacijos istorija, nėra tiksliai žinoma. Tačiau vis tiek tenka kaip nors įvertinti tikėtinas susidariusių nuklidų koncentracijas ir aktyvumus bei paklaidas, nulemtas netiksliai žinomų reaktoriaus veikimo parametrų. Pasinaudojus skaitiniais metodais ir varijuojant šiais netiksliai žinomais parametrais gaunamas nuklidų aktyvumų intervalas, iš kurio paprastai pasirenkamos didžiausios, konservatyvų radioaktyviųjų atliekų tvarkymo scenarijų atitinkančios, aktyvumų vertės. Tai būtina saugiam ir efektyviam tolimesniam radioaktyviųjų atliekų tvarkymui bei utilizacijai.

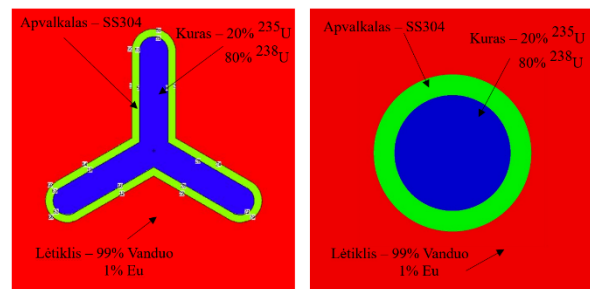
Nuklidinės sudėties modeliavimui naudojami skaitiniai metodai – deterministinis diferencialinių lygčių sprendimas bei stochastinės Monte Karlo simuliacijos. Pastaruoju metu, plačiai taikomi hibridiniai metodai [1], kai neutronų srautas ir jų sąveika su medžiaga įvertinama stochastiniais būdais, o gauti rezultatai panaudojami tiksliau įvertinti kuro evoliuciją deterministiniais metodais. Neutronų sąveikos skerspjūviai yra itin svarbūs norint atlikti tikslius panaudoto branduolinio kuro ar reaktoriaus konstrukcijų aktyvacijos skaičiavimus. Pirmu artėjimu, mikroskopiniai neutronų sąveikos skerspjūviai yra pastovūs, t. y. funkcija nuo neutronų energijos. Tačiau iš eksperimentinių duomenų žinoma, kad sąveikos skerspjūvių vertės nėra konstantos, jie priklauso nuo temperatūros, kuro sudėties ir net rinklės geometrinių parametrų [2].

Šiame darbe keliais aspektais (kuro elementų geometrijos, medžiagų sudėties ir reaktoriaus veikimo parametrų įtakos) vertinamas buvusios Paldiskio karinės mokomosios bazės demonstracinių povandeninių laivų aukšto įsodrinimo branduolinio reaktorių kuro k_{eff} ir nuklidinės sudėties šaltinis. Šie reaktoriai skirti povandeniniams laivams ir galimai turėjo nestandartinę kuro elementų geometriją [3]. Darbo metu nagrinėti šie pagrindiniai reaktoriaus bei kuro elementų parametrai: kuro elemento geometrija (trišakė ir cilindrinė žr. pav. 1 ir 2) ir europio neutronų sugėriklio strypo skersmuo aukšto įsodrinimo reaktoriaus aktyviojoje zonoje.

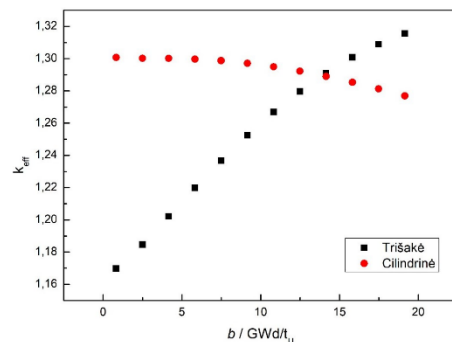
Modeliavimui pasirinktų reaktorių simuliacija buvo atliekama deginant kurą etapais – reaktorių veikė 6 ciklus po 37 dienas 90 MW galia. Po to sekė 14528 dienų

(~40 m.) aušinimo laikotarpis. Pagal turimus duomenis, tai galėtų būti reali reaktoriaus eksploatacijos istorija, turint omenyje reaktoriaus naudojimą mokymo tikslais.

Skaičiavimams atlikti panaudoti du programinės įrangos paketai – SCALE bei MCNP. Gauti rezultatai buvo palyginti su viešai prieinamais duomenimis apie tiriamus objektus.



1 pav. Povandeninio laivo reaktoriaus kuro elemento geometrijos variantai. Kairėje – trišakė, dešinėje – cilindrinė.



2 pav. Neutronų daugėjimo koeficiento priklausomybė nuo išdegimo skirtingoms kuro konfiguracijoms.

Reikšminiai žodžiai: kuro evoliucija, branduolinis kuras, kompiuterinis modeliavimas

Literatūra

- [1] John C. Wagner et al., *Review of Hybrid (Deterministic/Monte Carlo) Radiation Transport Methods, Codes, and Applications at Oak Ridge National Laboratory* (Oak Ridge National Laboratory, 2011)
- [2] Weston M. Stacey, *Nuclear Reactor Physics* (Wiley-VCH, Weinheim, 2018)
- [3] Ole Reistad, Povl L. Ølgaard, *Russian Nuclear Power Plants for Marine Applications* (Nordic nuclear safety research, Roskilde, 2006)