

Reaktorska tehnika in energetika: pisni izpit

Petek, 11.1.2013 (prirejeno)

1. Naloga (5 točk vsako vprašanje)

- Oceni kakšna je absorpcija sevanja gama z energijo 1 MeV v betonu debeline 2 m. Predpostavi, da je gostota betona 4000 kg/m^3 in atenuacijski koeficient $\mu/\rho=0.04 \text{ cm}^2/\text{g}$.
- Jedrska letalonosilka gre na 36.000 km dolgo pot. Povprečna hitrost je 36 km/h. Moč termičnega reaktorja je 100 MW. Oceni, koliko U-235 bo letalonosilka porabila na tej poti, če se pri vsaki cepitvi sprosti 200 MeV. Mikroskopski absorpcijski presek je 684 b in mikroskopski cepitveni presek je 585 b.
- Reaktor s termično močjo $P_0=2000 \text{ MW}$ je deloval neprekinjeno $t_0=1.5$ let. Nato so celotno sredico premaknili v bazen za izrabljeno gorivo. Kolikšen mora biti pretok hladila skozi bazen za izrabljeno gorivo, da je 1 leto po ugasnitvi reaktorja maksimalen porast temperature vode 20 K. Predpostavi, da zakasnelo toploto popisuje izraz $\frac{P(t)}{P_0} = 0.066(t^{-0.2} - (t + t_0)^{-0.2})$. Specifična toplota vode je 4200 J/kg/K .
- Reaktor deluje nekaj mesecev na 100 % moči. Skiciraj kako se spremeni koncentracija Xe s časom pri spremembi moči 100 % - 50 % - 100 %. Predpostavi, da med vsako spremembo mine 100 h.

2. Naloga (20 točk)

Imejmo homogen cilindrični reaktor z razmerjem višine in radija 1:1. V tem reaktorju je gostota plutonija (239) $0.004 \cdot 10^{24} \text{ cm}^{-3}$ in natrija $0.02 \cdot 10^{24} \text{ cm}^{-3}$. Določi, koliko kilogramov plutonija potrebujemo, da bo reaktor kritičen. Predpostavi, da sta ekstrapolacijska razdalja in difuzijski koeficient enaka 5 cm.

	σ_f [b]	σ_a [b]	N
Na		0.001	
Pu-239	1.9	2.1	3.0

3. Naloga (20 točk)

Predpostavimo, da lahko toplotne izvore v gorivni tabletki popišem z radialno porazdelitvijo $q'''(r) = q_0'''[1 + a(r/R)^2]$, kjer je q_0''' gostota moči v sredini in R radij. Kakšna je v stacionarnem stanju razlika med centralnima temperaturama za homogeno in nehomogeno porazdelitvijo izvorov. Predpostavi, da je v obeh primerih linearni toplotni tok, toplotna prevodnost goriva in temperatura na površini tabletki enaka.

4. Naloga (20 točk)

Določi koeficient toplotne prestopnosti v z natrijem hlajenem reaktorju. Predpostavi, da skozi sredico teče 60 % celotnega masnega toka. Gorivni element ima heksagonalno rešetko z razmerjem oddaljenosti gorivnih palic (P) in premerom palic (D) 1.15. Empirična korelacija za Nusseltovo število je [H. Fenech, Heat transfer and fluid flow in nuclear systems, Pergamon, 1981]:

$$Nu = \begin{cases} \left[-16.15 + 24.96 \left(\frac{P}{D} \right) - 8.55 \left(\frac{P}{D} \right)^2 \right] Pe^{0.3}; & 150 \leq Pe \leq 300 \\ 4.496 \cdot \left[-16.15 + 24.96 \left(\frac{P}{D} \right) - 8.55 \left(\frac{P}{D} \right)^2 \right]; & 4 \leq Pe \leq 150 \end{cases}$$

reaktor	vrednost
število gorivnih elementov	358
število gorivnih palic v element	271
število primarnih črpalk	4
masni pretok na črpalko [kg/s]	4150
premer gorivnih palic [cm]	0.85

natrij	vrednost
gostota [kg/m ³]	835
specifična toplota [J/kg/K]	1265
viskoznost [Pa.s]	2.3·10 ⁻⁴
toplotna prevodnost [W/m/K]	66

5. Naloga (20 točk)

V primarnem krogu tlačno-vodnega reaktorja je 210 t vode s specifično notranjo energijo 1345 kJ/kg. Pred izlivno nezgodo je v zadrževalnem hramu relativna vlažnost 0%, temperatura 300 K in tlak 0.1 MPa. Kako velik mora biti zadrževalni hram, da bo v termo-dinamskem ravnovesju temperatura nasičene vodne pare, vode in zraka enaka 413 K? Pri temperaturi 413 K je tlak nasičenja 0.36 MPa. Lastnosti vode pri temperaturi 413 K so: gostota tekoče faze 926 kg/m³, gostota plinaste faze 2 kg/m³, specifična notranja energija tekoče faze 588 kJ/kg in specifična notranja energija plinaste faze 2549 kJ/kg. Specifična toplota zraka (29 kg/kmol) pri konstantnem volumnu je 720 J/kg/K. Predpostavi:

- vodna para in zrak sta idealna plina;
- volumna primarnega sistema je zanemarljiv;
- toplotni izvori in ponori so zanemarljivi;

Nekaj definicij in konstant:

Konstante:

- Avogadrovo število: 6·10²³ /mol
- splošna plinska konstanta: 8.314 J/K/mol
- osnovni naboj: 1.6·10⁻¹⁹ As

Definicije:

- $Pr = \frac{c_p \mu}{\lambda}$
- $Re = \frac{Dv\rho}{\mu}$
- $Pe = Pr \cdot Re$
- $Nu = \frac{hD}{\lambda}$