

FORMULE ZA MEĐUISPIT IZ KOLEGIJA NUKLEARNI GORIVNI CIKLUS I REAKTORSKI MATERIJALI

Potrošnja nuklearnog goriva

Masa goriva koje se raspadne fisijom izražena u gramima

$$m_{\text{fis}}(\text{g}) = 1,05 \cdot P(\text{MW}) \cdot t(\text{dan})$$

gdje je P termička snaga reaktora izražena u MW, t vrijeme rada reaktora u danima

Masa goriva koje se utroši izražena u gramima

$$m_{\text{utroš}}(\text{g}) = 1,05 \cdot (1 + \alpha) \cdot P(\text{MW}) \cdot t(\text{dan})$$

gdje je P termička snaga reaktora izražena u MW, t vrijeme rada reaktora u danima, a α srednji omjer makroskopskih udarnih presjeka za radijativni uhvat i fisiju.

Definicija odgora

Odgor BU definiran je kao omjer količine toplinske energije Q koju je dao reaktor izražene u MWd i početne mase goriva $m_{\text{gorpoč}}$ izražene u tonama.

$$\text{BU} = Q / m_{\text{gorpoč}} \text{ MWd/t}$$

Obogaćivanje nuklearnog goriva

Relacija za masu početnog urana:

$$F = P(x_{\text{kon}} - x_{\text{rez}}) / (x_{\text{poč}} - x_{\text{rez}}), \text{ gdje je:}$$

P – masa konačnog (obogaćenog) urana

F – masa početnog urana

x_{kon} – obogaćenje (maseni udio ^{235}U) konačnog urana

x_{rez} – rezidualno obogaćenje (maseni udio ^{235}U osiromašenog urana)

$x_{\text{poč}}$ – obogaćenje (maseni udio ^{235}U) početnog urana

Relacija za količinu separacijskog rada SWU koji je potrebno uložiti da bi se iz mase početnog urana F obogaćenja $x_{poč}$ dobila masa konačnog urana P obogaćenja x_{kon} . Separacijski rad SWU dan je relacijom:

$$SWU = P \cdot (V(x_{kon}) - V(x_{rez})) - F \cdot (V(x_{poč}) - V(x_{rez})).$$

$V(x)$ označava vrijednosnu funkciju danu jednačom.

$$V(x) = (2x-1) \cdot \ln\left(\frac{x}{1-x}\right)$$

Cijene pojedinih faza pripreme nuklearnog goriva

Cijena prirodnog urana C_{prir} se dobiva množenjem mase početnog urana F i cijene jedinice mase prirodnog urana C_{1prir} .

$$C_{prir} = F \cdot C_{1prir}$$

Cijena obogaćivanja C_{obog} se dobiva množenjem količine separacijskog rada SWU i cijene jedinice separacijskog rada C_{1sep} .

$$C_{obog} = SWU \cdot C_{1sep}$$

Cijena konverzije C_{konv} iz UF₆ u UO₂ se dobiva množenjem mase konačnog (obogaćenog) urana P i cijene konverzije jedinice mase obogaćenog urana C_{1konv} .

$$C_{konv} = P \cdot C_{1konv}$$

Cijena proizvodnje gorivnih elemenata C_{gorel} se dobiva množenjem mase konačnog (obogaćenog) urana P i cijene proizvodnje gorivnog elementa po jedinici mase obogaćenog urana C_{1gorel} .

$$C_{gorel} = P \cdot C_{1gorel}$$

Cijena goriva C_{goriva} jednaka je zbroju cijene prirodnog urana C_{prir} , cijene obogaćivanja C_{obog} , cijene konverzije C_{konv} i cijene proizvodnje gorivnih elemenata C_{gorel} .

$$C_{goriva} = C_{prir} + C_{obog} + C_{konv} + C_{gorel}$$

Stvaranje fisibilnih izotopa

Nastajanje novih fisibilnih nuklida u reaktoru se kvantitativno opisuje pomoću fizikalne veličine koja se naziva faktor konverzije i označava se s C . Faktor konverzije C definiran je kao omjer broja atoma novostvorenih fisibilnih nuklida i broja atoma utrošenih fisibilnih nuklida

$$C = N_{\text{stvor}} / N_{\text{utr}}$$

Ako se troši fisibilni nuklid masenog broja M_{utr} i stvara fisibilni nuklid masenog broja M_{stvor} tada vrijedi

$$C = (m_{\text{stvor}}/m_{\text{utr}}) \cdot (M_{\text{utr}} / M_{\text{stvor}})$$

Kod termičkih reaktora faktor konverzije manji je od 1 i iznosi između 0,5 i 0,7. Kod oplodnih reaktora je broj stvorenih jezgri fisibilnih izotopa veći od broja utrošenih jezgri fisibilnog izotopa pa je u tom slučaju faktor konverzije C veći od 1. To znači da je po svakom utrošenom fisibilnom atomu proizveden višak od $(C-1)$ fisibilnog atoma. Parametar $(C-1)$ naziva se faktor dobitka i označava se s G , $G = (C-1)$.

Oplodnja se kvantitativno opisuje vremenom udvostručenja. Vrijeme udvostručenja definirano je kao hipotetski vremenski interval u kom se količina fisibilnog materijala u reaktoru udvostručuje.

Ako se gorivo ne vadi iz reaktora tada će se ukupna količina goriva povećavati linearno s vremenom. Linearno vrijeme udvostručenja je definirano kao vrijeme t_{DL} za koje će se količina goriva u reaktoru udvostručiti.

Linearno vrijeme udvostručenja dano je relacijom:

$$t_{DL} = m_0 \cdot M_{\text{utr}} / (G \cdot w \cdot P_0 \cdot M_{\text{stvor}})$$

gdje je: P_0 termičku snagu reaktora u MW, m_0 početna masa fisibilnog nuklida, w brzina utroška goriva po jedinici snage ($w=1,05 \cdot (1+\alpha)$ g/MWd), G faktor dobitka, M_{utr} maseni broj fisibilnog nuklida koji se troši, a M_{stvor} maseni broj fisibilnog nuklida koji se stvara.

U slučaju da se novostvoreno gorivo vadi iz reaktora i koristi u drugim reaktorima dolazi do povećanja snage dobivene iz čitavog goriva, tako da masa goriva raste eksponencijalno s vremenom, tj.

$$m = m_0 \cdot \exp(G \cdot w \cdot P_0 \cdot M_{\text{stvor}} \cdot t / m_0 \cdot M_{\text{utr}})$$

Iz uvjeta $m=2m_0$ dobivamo eksponencijalno vrijeme udvostručenja t_{DE} .

$$t_{DE} = m_0 \cdot M_{\text{utr}} \cdot \ln 2 / (G \cdot w \cdot P_0 \cdot M_{\text{stvor}}) = \ln 2 \cdot t_{DL}$$