

Gas plenum di una barretta

Si dimensiona l'altezza minima del "gas plenum" della barretta di combustibile di un reattore nucleare affinché la pressione dei gas contenuti a fine ciclo di bruciamento sia inferiore a 257 bar.

Si assuma che, a livello medio di densità lineare di potenza, la percentuale di rilascio di tali gas dal combustibile sia il 40%. $R = \text{rateo di rilascio} = 0,4$

Ipotizzare la presenza, rispetto al quantitativo di massa di UO_2 nella barretta, di 25 ppm di N_2 come impurezze, e 75 ppm di H_2O (umidità residua dopo il processo di sinterizzazione e rilasciata durante il bruciamento del combustibile).

Dati

Combustibile UO_2 sinterizzato (densità pari al 94% della D.T.)

Energia media prodotta dalla fissione in campo termico dell' U^{235} $E_f = 200 \text{ MeV}$

Densità teorica del combustibile

$$\rho_{\text{UO}_2} = 10,97 \text{ g/cm}^3$$

Diametro esterno guaina barretta

$$d_e = 0,95 \text{ cm}$$

Spessore guaina

$$s = 0,63 \text{ mm}$$

Spessore gap

$$g = 100 \text{ } \mu\text{m}$$

Lunghezza attiva

$$L_a = 260 \text{ cm}$$

Resa energetica uranio

$$\text{BU} = 35000 \text{ MWD/t}_U$$

Ipotizzare una resa di fissione per l' U^{235} pari a 0,28 (atomi di Xe + Kr prodotti per fissione). $Y = \text{resa fissione} = 0,28$

L'andamento assiale della temperatura superficiale del combustibile nella barretta calda sia data dall'espressione:

$$T_s(z) = T_{\text{H}_2\text{O},i} + q_{\text{LMAX}} H \{ \text{sen}(\pi z / H) + 1 \} / (\Gamma_{\text{ch}} c_p \pi) + q_{\text{LMAX}} \text{cos}(\pi z / H) / 2 \pi r_p U$$

con origine dell'asse delle ordinate z nel centro del nocciolo, all'altezza $H/2$, ove:

$$T_{\text{H}_2\text{O},i} = 214 \text{ } ^\circ\text{C}$$

temperatura ingresso refrigerante

$$\Gamma_{\text{ch}} = 0,1255 \text{ kg/s}$$

portata in un sottocanale del nocciolo

$$c_p = 4815 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

calore specifico medio del refrigerante

$$H = 2,6 \text{ m}$$

altezza attiva del nocciolo

$$U = 3571,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

coefficiente globale di scambio termico tra superficie

combustibile e refrigerante

$$q_{\text{LMAX}} = 253,35 \text{ W/cm}$$

densità lineare di potenza barretta centrale del nocciolo

Sovrapotenza nel reattore del 20%

PASSERELLA

Una tubazione orizzontale contenente acqua di raffreddamento contaminata si può schematizzare come una sorgente lineare di lunghezza $L = 5$ m ed attività lineare $S_L = 10^{11}$ Bq/m.

Una passerella, anch'essa orizzontale, supposta di lunghezza infinita, posta ad altezza $h = 2$ m, è collocata a distanza $a = 3$ m da uno dei due estremi della tubazione, perpendicolarmente alla stessa.

L'acqua è contaminata da un miscuglio di radionuclidi gamma emittenti la cui energia media è $E_\gamma = 1$ MeV. Il coefficiente di assorbimento massico di energia per il tessuto è $\mu_E/\rho = 0,0308$ cm²/g.

Si chiede la dose assorbita da una persona che percorre la piattaforma alla velocità $v = 1$ m/s (valutare la dose alla base della piattaforma).

Considerare i casi particolari $h = 0$, ed $a = 0$. Trascurare l'attenuazione e lo scattering dei raggi gamma in aria ed all'interno della sorgente.

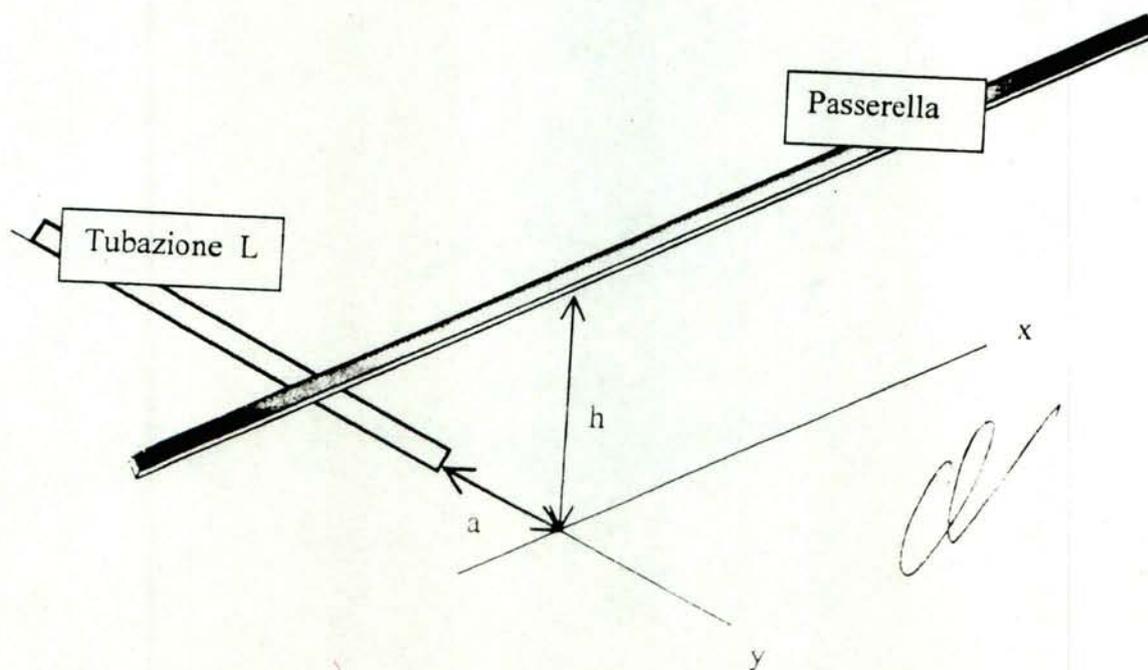
Successivamente valutare la riduzione dell'esposizione che si avrebbe interponendo tra la sorgente e la passerella uno schermo verticale costituito da una lastra di piombo di spessore $d = 5$ cm e calcolare le dosi conseguenti. Assumere per il fattore di build-up il valore dato dall'espressione

$$B(\mu z) = A' \exp(-\alpha_1 \mu z) + (1 - A') \exp(-\alpha_2 \mu z),$$

dove z è lo spessore della sostanza ove avviene lo scattering.

I valori dei parametri dell'espressione sopra riportata, corrispondenti ad 1 MeV, e riferiti al piombo, sono:

$$A' = 2,45, \quad \alpha_1 = -0,045, \quad \alpha_2 = 0,178, \quad \mu = 0,799 \text{ cm}^{-1}$$



Un reattore nucleare ad acqua bollente è refrigerato in circolazione naturale. Dati:

Massa uranio $M_U = 5.000 \text{ Kg}$
 Arricchimento = 3 %
 Flusso neutronico = $10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$
 Pressione esercizio = 3,5 MPa
 Altezza nocciolo = 3 m

Dislivello reattore/corpo cilindrico = 23 m
 Diametro interno tubazioni = 24''
 Lunghezza equivalente riser = 150 m
 Lunghezza equivalente downcomer = 150 m
 Sezione d'urto di fissione $U^{235} \sigma_f = 577 \text{ barn}$

Energia media prodotta dalla fissione in campo termico dell' U^{235} $E_f = 200 \text{ MeV}$
 Parametri dell'acqua (liquido e vapore) per $p = 35 \text{ bar}$: $T_{\text{sat}} = 242.5^\circ\text{C}$

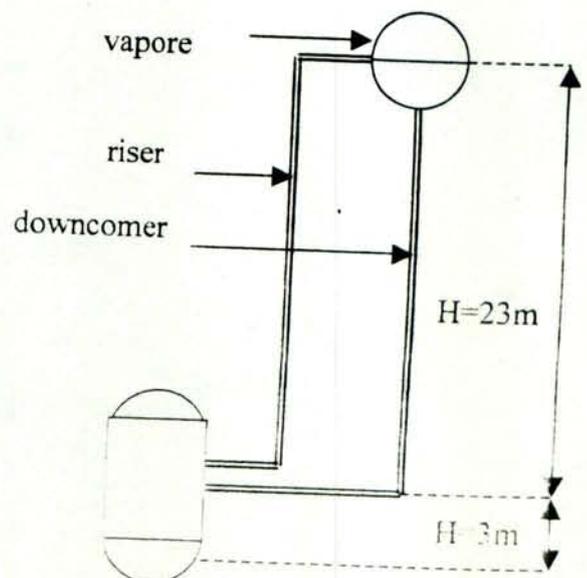
$h_l = 1049,72 \text{ kJ/kg}$ $\rho_l = 810 \text{ kg/m}^3$ $v_l = 1.234 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ $\mu_l = 1.093 \cdot 10^{-4} \text{ Pa s}$
 $h_v = 2802 \text{ kJ/kg}$ $\rho_v = 17,63 \text{ kg/m}^3$ $v_v = 5.703 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$ $\mu_v = 1.731 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$

Calcolare la portata di circolazione nell'ipotesi che la somma delle perdite di carico nel corpo cilindrico e nel vessel sia pari alla somma delle perdite di carico nel riser e nel downcomer, eguali tra loro. Considerare il liquido refrigerante (acqua di alimento) in condizioni di saturazione e trascurare le cadute di pressione per accelerazione nel nocciolo. Ipotizzare che il titolo del refrigerante, in uscita dal nocciolo, sia limitato (verificare l'ipotesi al termine dei calcoli), e che la densità del refrigerante, nel nocciolo, sia la media tra le densità in ingresso ed in uscita.

Si assuma, per le perdite di carico, $\Delta_{p,irr} = f_M \frac{1}{2} \frac{G^2 \cdot L}{\rho \cdot D}$ [Pa], con $G = \Gamma/A$ [$\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$] portata specifica, ed A [m^2] sezione delle tubazioni. Il fattore di attrito di Moody è dato dalla relazione di Blasius $f_M = 0,316 \cdot Re^{-0,25}$ con $Re = G D/\mu$

Traccia

Calcolare la potenza prodotta dal reattore, la produzione di vapore, la prevalenza motrice in funzione del titolo del refrigerante, le perdite di carico, il titolo nel riser, la portata, e verificare l'esattezza delle ipotesi fatte.



Handwritten notes and signatures at the bottom of the page, including a large signature and some illegible scribbles.