

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2018 - SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 5: TEMA DI ENERGETICA - NUCLEARE

I reattori russi VVER-1000, di tipo PWR, sono progettati per produrre una potenza termica nominale pari a 3000 MW_t . Il core del reattore è composto da assembly esagonali contenenti ciascuno 331 barrette di combustibile. Ogni barretta è costituita da un nucleo centrale di ossidi di uranio, con raggio r_f , ed è rivestita da uno strato di Zircaloy avente spessore s_c . All'interno dell'assembly, le barrette sono disposte come nel reticolo rappresentato in Figura 1, dove la linea tratteggiata indica il canale di raffreddamento che si può considerare per ogni singola barretta. Le grandezze di riferimento per le barre sono riportate in Tabella 1.

Geometria	Passo reticolo	p	0.0122	m
	Altezza barrette	h_{bar}	3.53	m
Moderatore	Calore specifico	$c_{p,m}$	$5.742 \cdot 10^{-3}$	MJ/kgK
	Densità	ρ_m	703	kg/m ³
	Viscosità cinematica	ν_m	$1.199 \cdot 10^{-7}$	m ² /s
	Conducibilità termica	k_m	$5.416 \cdot 10^{-7}$	MW/mK
Combustibile	Densità	ρ_f	$1.09 \cdot 10^4$	kg/m ³
	Raggio	r_f	0.0039	m
	Arricchimento	γ	0.0445	-
Cladding	Spessore	s_c	0.00065	m

Tabella 1: Grandezze di riferimento per lo studio del reattore VVER-1000.

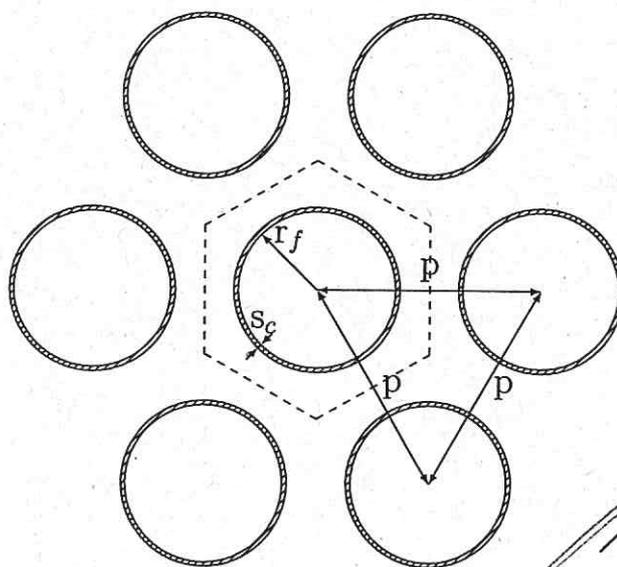


Figura 1: Rappresentazione schematica della disposizione delle barre di combustibile.

ec

me
827

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2018 - SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 5: TEMA DI ENERGETICA - NUCLEARE

Studio del reattore a potenza nominale

1. La potenza termica lineare q' , generata nelle barre di combustibile, ha un valore medio pari a $q' = 15.752 \text{ kW}_t/\text{m}$. Il Candidato calcoli il **numero di assembly** presenti nel reattore.
2. La sezione d'urto microscopica di fissione, per U^{235} , mediata sull'asse delle energie, è pari a $\sigma_f^{25} = 35 \text{ barns}$. Sapendo che il combustibile è composto da ossidi di uranio UO_2 , il Candidato calcoli la **sezione d'urto macroscopica di fissione** Σ_f^{25} utilizzando i valori riportati in Tabella 1. Considerando che di tutta l'energia termica prodotta il 97.4 % venga deposto all'interno del combustibile, si calcoli il valore del **flusso neutronico medio** presente nel reattore.
3. Il refrigerante utilizzato per raffreddare il reattore è mantenuto ad una pressione di 150 bar, entra nel reattore con una temperatura uniforme pari a 291°C ed esce dal reattore con una temperatura media di 321°C . Utilizzando i valori riportati in Tabella 1, il Candidato calcoli la **portata di fluido refrigerante**.
4. Si consideri il sottocanale relativo alla barra posta al centro del reattore. Il Candidato calcoli il **numero di Reynolds per il canale** e, utilizzando la correlazione di Dittus-Boelter per il calcolo del numero di Nusselt

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4},$$

si calcoli il valore del **coefficiente** h di scambio termico fra la superficie esterna del cladding ed il fluido refrigerante. Considerando uniforme il valore di h , si calcoli il valore medio della **differenza di temperatura** $\Delta T = T_c - T_b$, dove T_c rappresenta la temperatura sulla superficie esterna del cladding e T_b la temperatura di bulk del fluido.

5. Si calcolino le **perdite di carico** subite dal fluido refrigerante durante l'attraversamento del core e la **potenza della pompa** da installare per garantire la circolazione del refrigerante.

Gr
M
Wl
guy