

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE I SESSIONE - ANNO 2002

Ramo Nucleare

TEMA N. 2

E' richiesto il progetto di massima di un circuito sperimentale di laboratorio destinato allo svolgimento di esperienze di base sulla fluidodinamica della circolazione di un liquido assistita mediante l'iniezione di gas. Le esperienze sono di supporto allo studio di fattibilità di un prototipo dimostrativo del reattore nucleare innovativo denominato Amplificatore d'Energia.

Lo scopo dello studio fluidodinamico di base è quello di caratterizzare il deflusso nei "riser", utilizzando una miscela di aria e acqua a temperatura ambiente e pressione prossima a quella ambiente, per acquisire dati sperimentali sui seguenti aspetti del deflusso della miscela bifase:

- disposizione delle fasi nella miscela (moto a bolle o altri regimi di moto);
- densità della miscela;
- cadute di pressione per attrito e gravitazionali nella miscela.

Specifiche tecniche di riferimento per il circuito.

Il circuito è del tipo semiaperto pressurizzabile nell'intervallo (1÷2) bar assoluti ed è costituito dai seguenti elementi:

- sezione di prova verticale della lunghezza di 4 m e del diametro interno di 8 cm;
- un tubo discendente verticale ("downcomer");
- un tubo orizzontale di collegamento tra l'uscita del "downcomer" e l'ingresso del "riser";
- una vasca a forma di parallelepipedo, con base orizzontale, a cui fanno capo il "riser" e il "downcomer", che scarica l'aria all'ambiente attraverso una linea dotata di valvola per la regolazione della pressione del circuito;
- strumentazione.

L'aria viene iniettata, mediante un opportuno distributore, alla base della sezione di prova. La portata d'aria è disponibile nell'intervallo (0÷13000) NI/h, ad una pressione fino a 7 bar assoluti.

Sulla base delle specifiche precedenti, e con riferimento alle tabelle riportate più oltre, è richiesto lo sviluppo dei punti seguenti:

- formulazione di un modello per il calcolo della portata di acqua;
- progetto di massima del circuito sperimentale tale da garantire l'intervallo di portata di liquido fino a 5 kg/s; per la scelta della tubazione del "downcomer" e del tratto orizzontale può essere utilizzata la tabella n° 6 relativa a tubi unificati in acciaio; indicare i criteri per la scelta del diametro;
- determinazione di una resistenza localizzata variabile da inserire nella parte monofase del circuito, al fine di ottenere portate d'acqua nel rapporto 1:2 per una fissata portata d'aria;
- definizione dei criteri di dimensionamento e verifica della tubazione costituente la sezione di prova;

- rappresentazione schematica del circuito su carta millimetrata;
- valutazione della massa di aria accumulata nella vasca al variare della pressione operativa, dopo aver definito le dimensioni della vasca e ipotizzato il livello al 50%;
- definizione della strumentazione e dei relativi campi di misura.

Il Candidato discuta infine i criteri di estrapolazione dei risultati delle prove sperimentali alle condizioni operative, in cui la miscela bifase è costituita da eutettico piombo - bismuto (tab. 1) e argon.

Per il calcolo delle cadute di pressione della miscela bifase si può fare riferimento, in prima approssimazione, al modello omogeneo del deflusso bifase. Secondo tale modello, la miscela bifase può essere rappresentata come un fluido monofase, la cui densità e viscosità dinamica sono espresse dalle formulazioni seguenti:

$$\frac{1}{\rho_h} = \frac{x}{\rho_g} + \frac{1-x}{\rho_l}, \quad \frac{1}{\mu_h} = \frac{x}{\mu_g} + \frac{1-x}{\mu_l}$$

ρ_g	densità dell'aria
ρ_h	densità della miscela bifase omogenea
ρ_l	densità dell'acqua
μ_g	viscosità dinamica dell'aria
μ_h	viscosità dinamica della miscela bifase
μ_l	viscosità dinamica dell'acqua
x	titolo in massa della miscela (rapporto tra la portata in massa dell'aria e la portata totale)

Tabelle.

Tabella 1 - Proprietà fisiche del piombo-bismuto alla temperatura nominale di uscita dal nocciolo (400 °C)		
densità ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	viscosità ($\frac{\text{kg}}{\text{m s}}$)	tensione superficiale ($\frac{\text{N}}{\text{m}}$)
10200	$1.54 \cdot 10^{-3}$	0.404

Tabella 2 - Proprietà fisiche dell'acqua a 1 bar e 20 °C	
densità ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	viscosità ($\frac{\text{kg}}{\text{m s}}$)
998.23	$1.0027 \cdot 10^{-3}$

Tabella 3 - Proprietà fisiche dell'acqua a 2 bar e 20 °C	
densità ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	viscosità ($\frac{\text{kg}}{\text{m s}}$)
998.28	$1.0027 \cdot 10^{-3}$

Tabella 4 - Tensione superficiale dell'acqua a 20 °C: $0.072 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Tabella 5 – Proprietà fisiche dell'aria a pressione atmosferica e alla temperatura di 20 °C

densità ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	viscosità cinematica ($\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$)
1,205	$15.06 \cdot 10^{-6}$

Tabella 6 - Diametri esterni e spessori dei tubi utilizzabili per le tubazioni del circuito

diametro esterno (mm)	spessori (mm)	diametro esterno (mm)	spessori (mm)	diametro esterno (mm)	spessori (mm)	diametro esterno (mm)	spessori (mm)
13.5	1, 1.5, 2	33.7	1.5, 2, 2.5, 3	60.3	1.5, 2, 2.5, 3	133	1.5, 2, 2.5, 3
17.2	1, 1.5, 2	38	1.5, 2, 2.5, 3	70	1.5, 2, 2.5, 3	139.7	1.5, 2, 2.5, 3
20	1, 1.5, 2	42.4	1.5, 2, 2.5, 3	76.1	1.5, 2, 2.5, 3	159	1.5, 2, 2.5, 3
21.3	1, 1.5, 2	45	1.5, 2, 2.5, 3	88.9	1.5, 2, 2.5, 3	168.3	1.5, 2, 2.5, 3
25.4	1, 1.5, 2	48.3	1.5, 2, 2.5, 3	101.6	1.5, 2, 2.5, 3	219.1	2, 2.5, 3, 4
26.9	1, 1.5, 2	54	1.5, 2, 2.5, 3	108	1.5, 2, 2.5, 3	273	2, 2.5, 3, 4
30	1, 1.5, 2	57	1.5, 2, 2.5, 3	114.3	1.5, 2, 2.5, 3	323.9	2, 2.5, 3, 4

POLITECNICO DI TORINO

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SEZIONE A

I SESSIONE 2002

**PARTE B DEL TEMA
COMUNE A TUTTI I SETTORI
(CIVILE ED AMBIENTALE,
INDUSTRIALE,
DELL'INFORMAZIONE)**

Il candidato dovrà dare risposta, in modo schematico, relativamente al tema prescelto compatibilmente al tema stesso, su almeno due delle seguenti domande:

- 1. principi generali di stima del valore;**
- 2. normative di riferimento;**
- 3. le figure e le responsabilità di chi progetta, esegue e controlla;**
- 4. sostenibilità degli interventi;**
- 5. sicurezza;**
- 6. qualità;**
- 7. conoscenza dei risvolti tariffari.**

Manfredi
Manfredi