

Homework N° 3: sistemi di trasporto multifase

a.

Si deve movimentare una portata di olio e gas naturale attraverso un condotto di diametro $D = 0.5 \text{ m}$ e lunghezza $L = 6 \text{ km}$ che collega il terminal petrolifero all'impianto di raffinazione. Sapendo che le proprietà dei fluidi sono:

1. olio: densità, $\rho_{oil} = 800 \text{ kg/m}^3$, viscosità, $\mu_{oil} = 0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
2. gas naturale: densità, $\rho_{gas} = 1.8 \text{ kg/m}^3$, viscosità, $\mu_{gas} = 1.027 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

e che la portata di gas è pari a $w_{gas} = 0.125 \text{ kg/s}$ e quella di olio è pari a 108 kg/s ,

1. identificare il regime di flusso atteso utilizzando la mappa di Mandhane;
2. calcolare le perdite di carico per attrito sulla linea utilizzando la correlazione di Lockhart-Martinelli, $\phi_L = \phi_L(X)$ (utilizzare la legge di Blasius per calcolare il coefficiente di attrito per la fase gas e la fase liquida).

b.

Si deve progettare un impianto per movimentare una miscela bifase gas/liquido all'interno di processo industriale. La composizione della miscela bifase è la seguente: portata di gas (densità $\rho_g = 1.4 \text{ kg/m}^3$ e viscosità $\mu_g = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ nelle condizioni di impianto) $w_g = 0.44 \text{ kg/s}$; portata di liquido (densità $\rho_l = 950 \text{ kg/m}^3$, viscosità $\mu_l = 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$) $w_L = 29.8 \text{ kg/s}$. Si dispone di una tubazione di diametro $D = 0.2 \text{ m}$.

1. Utilizzando la mappa di Mandhane, valutare quale sarebbe il regime di flusso atteso per la miscela;
2. Discutere se la scelta di utilizzare il tubo di diametro disponibile è opportuna o se è meglio fare una scelta diversa (aumentare/diminuire il diametro del tubo);
3. Per il diametro $D = 0.2 \text{ m}$ o un diametro alternativo eventualmente selezionato, calcolare le perdite di carico per un tratto di tubazione di lunghezza $L = 50 \text{ m}$ utilizzando la correlazione di Lockhart-Martinelli, $\phi_L = \phi_L(X)$ (utilizzare la legge di Blasius per calcolare il coefficiente di attrito per la fase gas e la fase liquida).
4. Sapendo che il circuito bifase termina con un tratto verticale di tubazione di lunghezza $H = 2 \text{ m}$, calcolare la sovrappressione necessaria per realizzare il sollevamento della miscela.

c.

Calcolare le perdite di carico lungo una tubazione orizzontale utilizzata per il trasporto pneumatico di particelle di carbone. I dati del problema sono riassunti in tabella.

Caratteristiche del gas di trasporto			
Massa molecolare MM	28.9		$[\text{kg/kmol}]$
Pressione p	$1.0 \cdot 10^5$		$[\text{Pa}]$
Temperatura T	288		$[\text{K}]$
Viscosità μ	$1.80 \cdot 10^{-5}$		$[\text{Pa} \cdot \text{s}]$
Densità ρ	1.21		$[\text{kg/m}^3]$
Caratteristiche del particolato			
Densità ρ_p	1400		$[\text{kg/m}^3]$
Diametro D_p	$2.90 \cdot 10^{-4}$		$[\text{m}]$
Caratteristiche del condotto			
Lunghezza L	1.5		$[\text{m}]$
Diametro D	$2.30 \cdot 10^{-2}$		$[\text{m}]$
Area A	$4.15 \cdot 10^{-4}$		$[\text{m}^2]$
Portate			
Fluido W_g	0.03		$[\text{kg/s}]$
Particella W_s	0.58		$[\text{kg/s}]$

d.

Si deve convogliare lungo un condotto orizzontale lungo $L = 170 \text{ m}$ e di diametro $D = 1.3 \text{ m}$ un flusso di aria calda ($\dot{m}_{aria} = 107,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, $T = 60^\circ\text{C}$, $MM = 29 \text{ kg/kmole}$, $\mu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$) e fibre di legno ($\dot{m}_{fibre} = 27660 \text{ kg/h}$, $\rho_{fibre} = 350 \text{ kg/m}^3$, $d_{p,eq} = 2 \text{ mm}$).

1. Verificare se il trasporto avviene in fase diluita;
2. Calcolare le perdite di carico lungo la condotta;
3. Modifiche al layout di impianto richiedono l'inserimento di quattro curve a 90° con ampio raggio di curvatura ($R = 5D$) a fondo linea (lunghezza tubatura aggiuntiva pari a 20 m) Valutare le perdite di carico incrementali dovute all'aggiunta delle curve (utilizzare il grafico presente in fondo alle slides per quantificare le lunghezze equivalenti di tubo).