EM461 MECÂNICA DOS FLUIDOS – PROVA 1 – 26/09/2007

NOME_____________________________RA._____________TURMA____

1.(2,0 pontos) O eixo de acionamento de uma bomba centrífuga tem diâmetro **d** = 2 cm e gira no interior de um mancal de comprimento **L = 12 cm** e diâmetro **D = 2,2 cm**. A pequena folga anular entre ambos é preenchida com uma graxa (fluido Newtoniano) de viscosidade **μ = 0,1 Pa.s**. Sabe-se que a potência fornecida pelo eixo ao rotor da bomba é **360 W** a uma velocidade de rotação **n = 3450 rpm**. Que porcentagem dessa potência é dissipada no mancal?

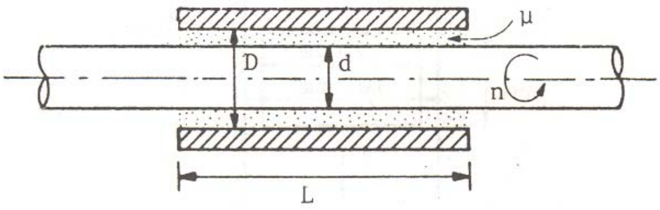


Figura 1.7

Solução:

A tensão de cisalhamento sobre o eixo é: $\tau = \mu \dfrac{du}{dy} = \mu \dfrac{\omega d/2}{(D-d)/2} = \dfrac{\mu \omega d}{D-d}$

onde: $\omega = \dfrac{2\pi n}{60} = \dfrac{2\pi \times 3450}{60} = 361{,}3\ rad/s$ Logo: $\tau = \dfrac{0{,}1 \times 361{,}3 \times 0{,}02}{0{,}022 - 0{,}02} = 361{,}3\ Pa$

O torque resistivo gerado na superfície do eixo será:

$$T = \frac{d}{2} \times (\tau A) = \frac{0{,}02}{2} \times (361{,}3 \times \pi \times 0{,}02 \times 0{,}12) = 0{,}0272\ N \cdot m$$

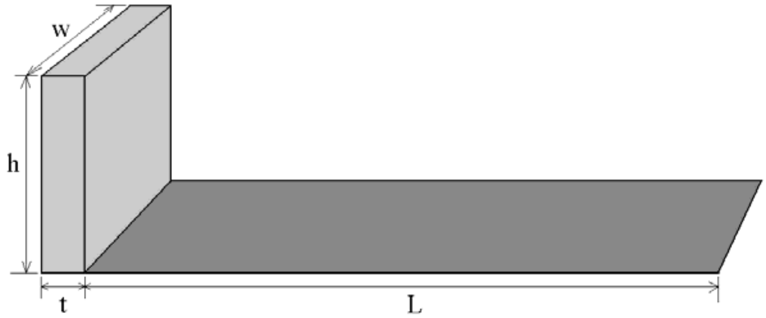
Logo, a potência dissipada será: $\dot{W}_d = T\,\omega = 0{,}0272 \times 361{,}3 = 9{,}84\ W$

Isto corresponde a 2,7% da potência transmitida ao rotor da bomba.

EM461 MECÂNICA DOS FLUIDOS – PROVA 1 – 26/09/2007

NOME___________________________RA.______________TURMA____

2.(2,5 pontos) Quando está chovendo e estamos sem guarda-chuva, algumas pessoas dizem que para nos molharmos menos o melhor é correr, outras dizem que é andar. Suponha que a vazão em volume da chuva seja $\boldsymbol{Q_c}$ $\boldsymbol{m^3/s}$ por metro quadrado de solo e que ela esteja caindo na direção vertical. A concentração de chuva no ar é α metros cúbicos de água por metro cúbico. Você deve percorrer uma distância $\boldsymbol{L}$ sob esta condição de chuva. Um indivíduo adulto pode ser aproximado por uma caixa com altura $\boldsymbol{h}$, largura $\boldsymbol{w}$ e espessura δ. Considerando que a pessoa pode caminhar na chuva com velocidade Vc ou correr com velocidade Vr sendo que Vr > Vc., analise:



a) A vazão de água que ele recebe pela área $w_x\delta$;

b) A vazão de água que ele recebe pela área h_xw, ela depende da velocidade?

c) Em qual cenário a pessoa atravessaria a distância L ficando 'menos' molhada?

Solução:

A chuva passa apenas através das faces superior e frontal da caixa; as demais faces podem ser consideradas impermeáveis. A conservação da massa para a água acumulada na caixa (=VC) fica:

$$\Delta m_{água} = \rho\left(Q_{\sup} + Q_{front}\right)\Delta t$$

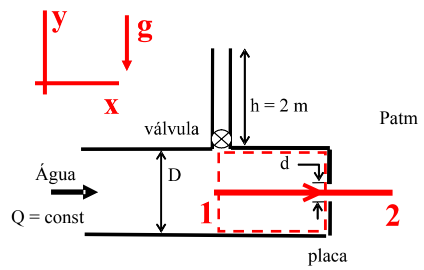
sendo: $Q_{\sup} = Q_c w\delta$, $Q_{front} = Vh\,w\alpha$ e $\Delta t = L/V$, onde $V = (Vc \text{ ou } Vr)$. Portanto, o ganho de massa de água da caixa ao longo da distância percorrida L é:

$$\Delta m_{água} = \rho\left(Q_c w\delta\frac{L}{V} + Vh\,w\alpha\frac{L}{V}\right) = \rho wLh\left(\alpha + \frac{Q_c\delta}{hV}\right)$$

Sendo $Vr > Vc$ conclui-se que o indivíduo que corre se molha menos do que o que caminha.

NOME______________________________RA.__________TURMA________

3.(2,5 pontos) Um duto horizontal de diâmetro **D = 5 cm** descarrega na forma de um jato a vazão **Q = 8 L/s** de água para a atmosfera, através de uma placa contendo um orifício central de diâmetro **d**. Desprezando o atrito, obter a expressão para o diâmetro **d** de modo que, ao abrir a válvula indicada na figura, a água atinja a altura h. Qual a força exercida pela água sobre a placa nessas condições?
Dado: $\rho_{água} = 1000\ kg/m^3$.



Solução:

Para a condição-limite, a equação de Bernoulli na linha de corrente central indicada resulta em:

$$\frac{p_{atm} + \rho g h}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{p_{atm}}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} \qquad \Rightarrow \qquad V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2gh}\ ,$$

O resultado obtido acima considera que h >> D e portanto a diferença de cota entre o topo e o fundo do tubo é desprezado face a altura h.

Da conservação da massa: $V_1 = \dfrac{4Q}{\pi D^2} = \dfrac{4 \times 0{,}008}{\pi \times 0{,}05^2} = 4{,}07\ m/s$

Logo: $V_2 = \sqrt{4{,}07^2 + 2 \times 9{,}81(2 + 0{,}05/2)} = 7{,}5\ m/s$

Então: $d = \sqrt{\dfrac{4Q}{\pi V_2}} = \sqrt{\dfrac{4 \times 0{,}008}{\pi \times 7{,}5}} = 3{,}68\ cm$

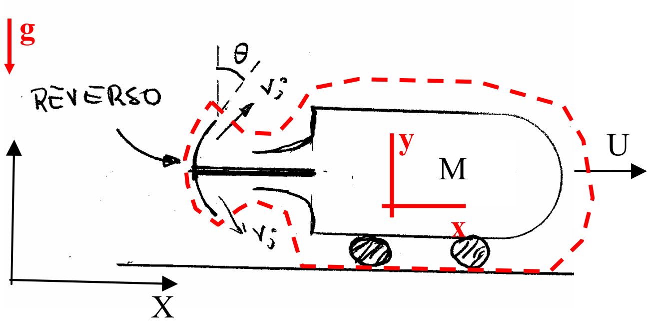
Nessas condições, a equação da quantidade de movimento linear na direção "x" fornece:

$$-R_x + \rho g h \frac{\pi D^2}{4} = \rho Q \left(V_2 - V_1 \right)$$

$$\Rightarrow \qquad R_x = 1000 \left[9{,}81(2) \frac{\pi \times 0{,}05^2}{4} - 0{,}008 (7{,}5 - 4{,}07) \right] = 11{,}08\ N \quad \text{(sobre a placa)}$$

NOME_____________________________RA._____________TURMA____

4. (3,0 pontos) Um dos sistemas de frenagens de aeronaves de grande porte é o acionamento do 'reverso da turbina'. O mal funcionamento deste equipamento foi uma das prováveis falhas que causou o acidente com o A300 da TAM em julho de 2007 em Congonhas. Este problema propõe um estudo *'simplificado'* deste sistema de frenagem. Considere um carro com massa M = 1 kg e velocidade U_i = 0,5 m/s (relativa referencial inercial XY). O sistema de frenagem do carro é acionado pela inserção de um escudo que causa a deflexão de um jato de um ângulo θ = 30º pela pá. As características do jato são: velocidade, área de descarga e densidade (V_j = 1 m/s, A_j = 0,01 m^2 e ρ_j = 1 kg/m^3). A velocidade V_j é mantida constante e medida de um referencial que se desloca com o carro. Desconsidere o atrito nas rodas e o arrasto com o ar. a) Determine uma expressão analítica em termos de M, V_j, A_j e ρ_j para a desaceleração do carro, dU/dt; b) o tempo necessário para o carro atingir 50% de sua velocidade inicial; c) a distância necessária para ele parar.



Solução:

a) A equação da quantidade de movimento linear na direção "x" para o VC indicado fica:

$$-M_c\frac{dU}{dt}=\left(V_j\,\text{sen}\,\theta\right)\rho_j Q_j$$

onde Q_j é vazão do jato. A conservação da massa para o VC não incluindo o reverso, fornece:

$$\frac{dM_c}{dt}=-\rho_j Q_j=-\rho_j V_j A_j$$

na qual desprezou-se o atrito do fluido com a superfície do reverso. Integrando, obtém-se:

$$M_c(t)=M-\dot{m}\cdot t \quad \text{onde} \quad \dot{m}=\rho_j V_j A_j=0.01 \quad \text{kg/s}$$

Portanto, a desaceleração do carro será:

$$\frac{dU}{dt}=-\frac{V_j\,\text{sen}\,\theta\cdot\dot{m}}{M-\dot{m}\cdot t} \tag{1}$$

Neste estágio há duas respostas aceitas para a questão: (1) considerando a variação da massa do carro como mostra a expressão acima ou (2) desconsiderando a variação da massa, neste caso a desaceleração passa a ser:

$$\frac{dU}{dt}\cong-\frac{V_j\,\text{sen}\,\theta\cdot\dot{m}}{M}=a=-0.005\ \text{m}^2/\text{s} \tag{2}$$

b) Integrando a Eq. (1) temos que:

$$U(t)=U_i-\frac{M}{\dot{m}}\cdot a\cdot \text{Ln}\left[1-\frac{\dot{m}}{M}\cdot t\right] \tag{3}$$

O tempo necessário para U = 0,5 U_i é obtido a partir da Eq. (3),

$$t_{50\%}=\frac{M}{\dot{m}}\left[1-e^{-\frac{Ui\cdot\dot{m}}{2\cdot M\cdot a}}\right]=\ 39,35\ \text{seg} \tag{4}$$

Por outro lado, integrando a Eq. (2) temos que:

$$U(t) = U_i - a \cdot t \tag{5}$$

O tempo necessário para U = 0,5 Ui obtido a partir da Eq. (5) é:

$$t_{50\%} = \frac{0,5 \cdot Ui}{a} = 50s \tag{6}$$

c) O tempo necessário para parar o carrinho é obtido quando $U(t_p) = 0$. A partir da Eq.(3) encontra-se que $t_p = 63{,}2$ seg. A integração da Eq.(3) é complexa!:

$$L = \int_0^{t_p} U(t)dt = U_i t_p - \frac{M}{\dot{m}} \cdot a \left[\left(t_p - \frac{M}{\dot{m}} \right) Ln\left(1 - \frac{\dot{m}}{M} t \right) - t_p \right] = 25,97m \tag{7}$$

Por outro lado, se for empregado a Eq.(5) encontra-se que o tempo necessário para atingir a velocidade zero é $t_p = 100$ seg. A distância L vem do modelo da Eq.(5) que permite a integração direta:

$$L = \int_0^{t_p} U(t)dt = U_i \cdot t_p - a \cdot \frac{t_p^2}{2} = 25m \tag{8}$$

FORMULÁRIO

$$\tau_{yx} = \mu \frac{dV_x}{dy}$$

$$\frac{dp}{dh} = \rho g$$

$$0 = \frac{d}{dt}\int_{VC} \rho \, d\mathcal{V} + \oint_{SC} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

$$\vec{F}_S + \vec{F}_B - \int_{VC} \left[\vec{a}_{rf} + 2\vec{\omega} \times \vec{V} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + \dot{\vec{\omega}} \times \vec{r} \right] \rho d\mathcal{V} = \frac{d}{dt}\int_{VC} \vec{V} \rho \, d\mathcal{V} + \oint_{SC} \vec{V} (\rho \vec{V} \cdot d\vec{A})$$

$$\oint_{SC} \vec{r} \times d\vec{F}_S + \int_{VC} \vec{r} \times d\vec{F}_B + \vec{T}_{eixo} - \int_{VC} \vec{r} \times \left[\vec{a}_{rf} + 2\vec{\omega} \times \vec{V} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + \dot{\vec{\omega}} \times \vec{r} \right] \rho d\mathcal{V} =$$
$$\frac{d}{dt}\int_{VC} (\vec{r} \times \vec{V}) \rho \, d\mathcal{V} + \oint_{SC} (\vec{r} \times \vec{V})(\rho \vec{V} \cdot d\vec{A})$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \frac{d}{dt}\int_{VC} e \rho \, d\mathcal{V} + \oint_{SC} (e + p/\rho)(\rho \vec{V} \cdot d\vec{A}) \qquad \text{onde: } e = u + V^2/2 + g z$$

$$\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + g z = const$$