



UNICAMP

EM 561 –
MECÂNICA

DOS FLUIDOS II

2ª Prova - 26/06/2008 - Gabarito

Consulta permitida ao livro-texto

Turmas A e Especial: Prof. Antonio C. Bannwart

Turma C:

Prof. Carlos A. Altemani

NOME DO ALUNO: _____ RA: _____ TURMA _____

INSTRUÇÕES:

1. A duração desta prova é de 2 horas.
2. Leia a prova toda antes de tentar resolvê-la.
3. Qualquer dado que o aluno julgar necessário e que não tenha sido fornecido deve ser assumido.
4. A interpretação do texto faz parte da prova.
5. Devolver a folha de questões ao final da prova.

QUESTÕES:

- 1) O fabricante de uma bomba centrífuga de 37 cm de diâmetro fornece os seguintes dados para a bomba operando a 2140 rpm com água a 20 °C:

2140 rpm	Q, L/s	0	50	100	150	200	250	300
	H, m	105	104	102	100	95	85	67
	\dot{W}_{eixo}, kW	100	115	135	171	202	228	249

Deseja-se instalar essa bomba para elevar 100 L/s de água entre dois reservatórios abertos para a atmosfera, cujas superfícies estão desniveladas de 20 m, através de uma tubulação de aço comercial de 200 m de comprimento. Visando uma operação com a máxima eficiência da bomba, determinar:

- a) a rotação (rpm) em que deverá operar;
- b) a altura manométrica e a potência de eixo;
- c) o diâmetro a ser empregado na tubulação.

Desprezar perdas localizadas e considerar o fator de atrito $f = 0,016$.

Solução:

- a) A eficiência $\eta = \frac{\rho Q g H}{\dot{W}_{\text{eixo}}}$ pode ser adicionada à tabela:

2140 rpm	Q, L/s	0	50	100	150	200	250	300
	H, m	105	104	102	100	95	85	67
	\dot{W}_{eixo}, kW	100	115	135	171	202	228	249
	η (%)	0	44,3	74,0	85,9	92,1	91,2	79,0

Assim, por similaridade, temos:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = 2140 \times \frac{100}{200} = 1070 \text{ rpm}$$

b) Por similaridade:

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{N_2^2}{N_1^2} \Rightarrow H_2 = 95 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 23,75 \text{ m}$$

$$\frac{\dot{W}_2}{\dot{W}_1} = \frac{N_2^3}{N_1^3} \Rightarrow \dot{W}_2 = 202 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 25,3 \text{ kW}$$

c) A carga manométrica requerida pela tubulação é dada por:

$$H_2 = 20 + 0,016 \times \frac{200}{D} \times \frac{1}{2 \times 9,81} \left(\frac{4 \times 0,1}{\pi D^2} \right)^2 = 23,75 \text{ m} \Rightarrow D = 23,4 \text{ cm}$$

2) (Valor: y,y pontos) Deseja-se extrair água a 20 °C de um poço situado a 500 m de profundidade, utilizando um tubo vertical de aço de 200 mm de diâmetro interno. Duas bombas idênticas às do problema 1 estão disponíveis e serão operadas a 3450 rpm. Desprezando perdas localizadas e assumindo $f = 0,02$, determinar:

- o arranjo a ser utilizado (justificar sua resposta);
- a vazão de água extraída.

Solução:

a) A carga requerida pela tubulação é dada por:

$$H = 500 + 0,02 \times \frac{500}{0,2} \times \frac{1}{2 \times 9,81} \left(\frac{4Q}{\pi \times 0,2^2} \right)^2 = 500 + 2582Q^2$$

Operando a 3450 rpm, uma bomba desenvolveria $H_{shutoff} = 105 \times \left(\frac{3450}{2140} \right)^2 = 272,9 < 500 \text{ m}$. Assim, uma bomba ou duas em paralelo serão insuficientes. A única opção é utilizar duas bombas em série.

b) A curva aproximada de uma bomba a 2140 rpm é:

$$H_{2140} = 105 - CQ^2$$

Determinando-se C no ponto de melhor eficiência tem-se: $C = \frac{105 - 95}{0,2^2} = 250$. Para 2 bombas em série a 3450 rpm a curva será:

$$H = 2 \left(105 - 250Q^2 \right) \left(\frac{3450}{2140} \right)^2 = 545,8 - 1300Q^2$$

Então, a vazão de operação será: $Q = \sqrt{\frac{545,8 - 500}{2582 + 1300}} = 108,6 \text{ L/s}$

3) A seção a montante de um bocal convergente-divergente é conectada a um grande reservatório de ar a 324 K e 860 kPa (abs.), e sua seção a jusante é conectada a um tubo liso com 0,07 m diâmetro interno. O escoamento deve ocorrer sem choque e de modo que na entrada do tubo número de Mach seja 2,5 e na saída ele seja 1,5. Sabendo que o conjunto todo é termicamente isolado, determine:

- a) a pressão na saída do tubo;
- b) o comprimento do tubo;
- c) a variação da entropia específica do escoamento.

Avalie o fator de atrito considerando as condições do escoamento na seção de saída do tubo.

Solução:

a) A pressão e a temperatura na entrada do tubo (ponto 1) serão:

$$\frac{860}{p_1} = \left(1 + \frac{1,4-1}{2} 2,5^2\right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} \Rightarrow p_1 = 50,33 \text{ kPa}$$

$$\frac{324}{T_1} = 1 + \frac{1,4-1}{2} 2,5^2 \Rightarrow T_1 = 144 \text{ K}$$

A temperatura na saída do tubo (ponto 2) será:

$$\frac{324}{T_2} = 1 + \frac{1,4-1}{2} 1,5^2 \Rightarrow T_2 = 223,4 \text{ K}$$

A velocidade do som e a velocidade do ar na entrada do tubo serão:

$$c_1 = \sqrt{1,4 \times 287 \times 144} = \Rightarrow c_1 = 240,5 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 2,5 \times 240,5 = 601,3 \text{ m/s}$$

A massa específica do ar na entrada do tubo será: $\rho_1 = \frac{50330}{287 \times 144} = 1,218 \text{ kg/m}^3$

A velocidade do som e a velocidade do fluido na saída do tubo serão:

$$c_2 = \sqrt{1,4 \times 287 \times 223,4} = 299,6 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 1,5 \times c_2 = 449,4 \text{ m/s}$$

Para conservação da massa, a massa específica na saída do tubo será:

$$\rho_2 = 1,218 \times \frac{601,3}{449,4} = 1,630 \text{ kg/m}^3$$

Logo: $p_2 = 1,630 \times 287 \times 223,4 = 104,5 \text{ kPa}$