UE9020300 | MECÂNICA DOS FLUIDOS

OBJETIVO

Investigar as características fundamentais dos líquidos em fluxo estacionário e laminar usando o método Doppler ultrassônico

TAREFAS

- Meça o desvio de frequência Doppler para diferentes velocidades da bomba e as quedas de pressão dos tubos verticais.
- Determine vazões, resistências de fluxo e a viscosidade dinâmica do líquido Doppler usando a equação da continuidade, a equação de Bernoulli e a equação de Hagen-Poiseuille.
- Calcule os coeficientes de Reynold para diferentes velocidades de fluxo e diâmetros de tubo.

RESUMO

Medições de vazão de acordo com o método Doppler ultrassônico são usadas para demonstrar leis fundamentais que governam o fluxo de líquidos em tubulações e sua dependência da velocidade de fluxo e da geometria do tubo. A relação entre a velocidade de fluxo e seção transversal do tubo (condição de continuidade), bem como entre a resistência ao fluxo e o diâmetro do tubo (lei de Hagen-Poiseuille) são examinados.

APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	Aparelho de ultra-som Doppler	1022330
1	Sonda ultra-sônica 2MHz GS200	1018618
1	Conjunto de prismas de Doppler e tubos de fluxo	1002572
1	Tubo ascendente para a medição de pressão *S*	1002573
1	Líquido para o efeito Doppler	1002574
1	Bomba centrífuga	1002575
1	Gel de contato para ultra-som	1008575

FUNDAMENTOS GERAIS

As aplicações do efeito Doppler no diagnóstico médico estão na investigação de movimentos de corrida e estruturas móveis, como em diagnósticos cardiológicos, vasos sanguíneos arteriais e venosos, circulação sanguínea cerebral e controle de vasos sanguíneos no pós-operatório.

Um líquido de fluxo estacionário caracteriza-se por um fluxo constante de líquido em cada ponto do sistema. Portanto, a equação da continuidade para duas áreas diferentes do tubo A_1 e A_2 resulta como segue:

(1) $$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dot{V} = const.$$

Com v_1 e v_1 sendo as velocidades médias na respectiva seção e *V* a taxa de fluxo (volume por unidade de tempo). A pressão estática em um líquido que flui é sempre menor do que em um líquido imóvel, e reduz conforme a velocidade de fluxo aumenta (equação de Bernoulli). Para o fluxo através de um tubo horizontal (sem pressão gravitacional), a pressão total p_0 é:

(2) $$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = p_0$$

p_0 é constante apenas em um líquido sem atrito. Em um fluxo com atrito, a pressão total diminui em função da viscosidade η, do comprimento *l*, da seção transversal *A* da região de passagem e da vazão *V*. Para líquidos com velocidades de fluxo não muito altas (fluxo laminar) em tubos estreitos, a lei de Hagen-Poiseuille se aplica para a queda de pressão Δp:

(3) $$\Delta p = R\dot{V}$$

(4) $$R = \frac{8}{\pi}\frac{l}{r^4}\eta$$

onde *r* é o raio do tubo e *l* é o comprimento. Isso significa que uma redução do diâmetro dos vasos sanguíneos pela metade resulta em um aumento da resistência ao fluxo de 16 vezes. Por este princípio, os vasos sanguíneos regulam a distribuição do sangue entre as extremidades e os órgãos internos.

Uma circulação é construída consistindo em 3 linhas de tubos de comprimentos iguais, mas diâmetros diferentes. No início e no final de cada linha há um ponto de medição de igual diâmetro. Nas linhas de tubos, a velocidade média é medida para 3 vazões diferentes (3 tensões diferentes na bomba centrífuga) por meio do prisma de Doppler e do FlowDop. Conhecendo-se as velocidades de fluxo medidas, a vazão pode ser determinada após (1) e comparada. A queda de pressão devido à resistência do fluxo pode ser medida nos pontos de medição. Calculando a vazão de (1) a resistência ao fluxo pode ser determinada depois de (4) e, a partir disso, utilizando a geometria conhecida, obtém-se a viscosidade dinâmica do líquido.

AVALIAÇÃO

A partir das vazões medidas e das áreas transversais específicas, a vazão correspondente pode ser calculada. Nesta configuração de experimento, isso é quase equivalente para todos os diâmetros de tubo para as mesmas configurações da bomba centrífuga, satisfazendo assim a equação da continuidade. Como um resultado adicional, o diagrama abaixo mostra a resistência ao fluxo *R* determinada para diferentes diâmetros de tubo e diferentes fluxos. Isso mostra a forte dependência do raio do tubo r esperado a partir da equação de Hagen-Poiseuille:

$$R \sim \frac{1}{r^4}$$

A Fig. 1 mostra que o caudal calculado a partir da velocidade medida e a área é praticamente a mesma em todos os diâmetros do tubo para tensões iguais e, portanto, a equação de continuidade é satisfeita.

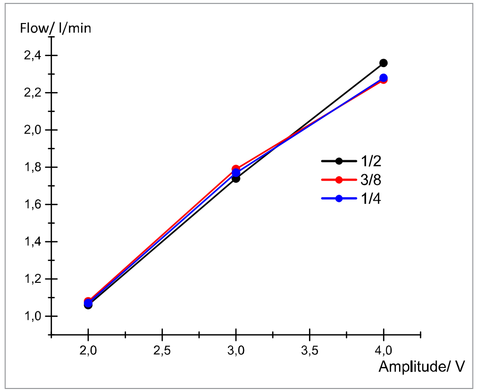

Figura 1: Vazões para diferentes diâmetros de tubo

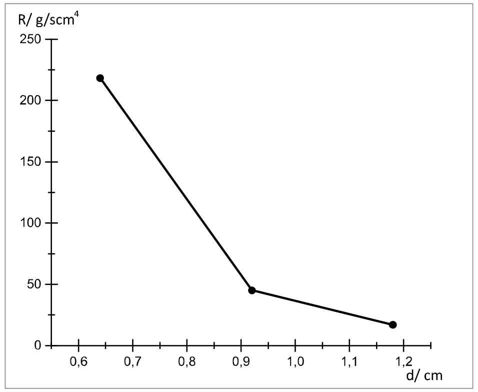

Figura 2: Resistência para diferentes diâmetros de tubo