

가계시스템디자인공학과 19100054 김시현

Assignments #3

Ch5-74

크기 2m x 3m x 3m 목선.

공기속도 최대 1m/s

환풍기 모터 효율 50%

15min 동안 공기환기

(a) 환풍기-모터 동력(wattage)?

→ (b) 환풍기 케이싱의 직경?

(c) 환풍기전극 압력차?

(공기밀도 1.25 kg/m³) (인동에너지보장계수무시)
→ $\alpha = 1$

(풀이) 에너지방정식

$$\dot{m} \left(\frac{P_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2} + g z_1 \right) + \dot{W}_{\text{pump}} = \dot{m} \left(\frac{P_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} + g z_2 \right) + \dot{W}_{\text{turbine}} + \dot{E}_{\text{mech, loss}}$$

(a) $\dot{m} = \rho \dot{V}$, $\dot{V} = \frac{V}{\Delta t} = \frac{18 \text{ m}^3}{15 \text{ min}} = \frac{18 \text{ m}^3}{15 \times 60 \text{ s}} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\dot{m} = (1.25 \text{ kg/m}^3) (0.02 \text{ m}^3/\text{s}) = 0.025 \text{ kg/s}$$

$$\rightarrow \dot{W}_{\text{fan, u}} = \dot{m} \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} = (0.025 \text{ kg/s}) (1.0) \left(\frac{(1 \text{ m/s})^2}{2} \right) \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ W}}{1 \text{ N} \cdot \text{m/s}} \right)$$

$$= 0.0125 \text{ W}$$

$$\text{동력 } \dot{W}_{\text{fan, elect}} = \frac{\dot{W}_{\text{fan, u}}}{\eta_{\text{fan-motor}}} = \frac{0.0125 \text{ W}}{0.5} = \boxed{0.025 \text{ W}}$$

(b) $\dot{V}_1 = \dot{V}_2$

$$\dot{V} = A_2 V_2 = (\pi D^2/4) V_2 \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \dot{V}}{\pi V_2}} = \sqrt{\frac{4(0.02 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi (1 \text{ m/s})}} = 0.06 \text{ m}$$

$$= \boxed{6 \text{ cm}}$$

(c) $\dot{m} \frac{P_3}{\rho} + \dot{W}_{\text{fan, u}} = \dot{m} \frac{P_4}{\rho} \rightarrow P_4 - P_3 = \frac{\dot{W}_{\text{fan, u}}}{\dot{V}}$

$$P_4 - P_3 = \frac{0.0125 \text{ W}}{0.02 \text{ m}^3/\text{s}} = 30.6 \text{ N/m}^2 = \boxed{30.6 \text{ Pa}}$$

기계시스템디자인공학과 19100054 김시현

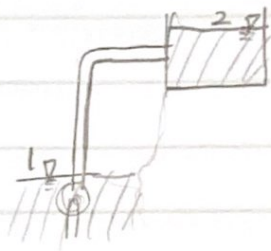
과제 #3

Ch 5-82

$$\alpha = 1$$

축출력 5kW, 효율 78% 수중펌프, 수면지 30m

직경 7cm, 5cm → (a) 물의 최대 유량 (b) 펌프 흡입구 압력차



풀이 $P_1 = P_2 = P_{atm}$, $V_1 \cong V_2 \cong 0$

유속은 정상, 비압축성.

에너지방정식 $\dot{m} \left(\frac{P}{\rho} + \alpha \frac{V^2}{2} + gz \right) + \dot{W}_{pump,u} = \dot{m} \left(\frac{P}{\rho} + \alpha \frac{V^2}{2} + gz \right) + \dot{W}_{turbine,e} + \dot{E}_{mech,loss}$

(a)

$$\rightarrow \dot{W}_{pump,u} = \dot{m}gz_2 + \dot{E}_{mech,loss}$$

$$\dot{E}_{mech,loss} = \dot{m}gh_L \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{W}_{pump,u}}{gz_2 + gh_L} = \frac{\dot{W}_{pump,u}}{g(z_2 + h_L)}$$

$$\dot{W}_{pump,u} = \eta_{pump-motor} \dot{W}_{electric} = (0.78)(5kW) = 3.9kW = 3.9kJ/s$$

$$\dot{m} = \frac{3.9kJ/s}{(9.81m/s^2)(30+5m)} \left(\frac{1000m^3/s^2}{1kJ} \right) = 11.36kg/s$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{11.36kg/s}{1000kg/m^3} = \boxed{11.36 \times 10^{-3} m^3/s}$$

(b) 흡입관 직경 7cm, 송출관 직경 5cm.

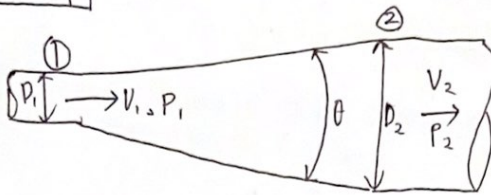
$$V_3 = \frac{\dot{V}}{A_3} = \frac{11.36 \times 10^{-3} m^3/s}{\pi(0.07m)^2/4} \rightarrow V_4 = \frac{\dot{V}}{A_4} = \frac{11.36 \times 10^{-3} m^3/s}{\pi(0.05m)^2/4}$$

$$\text{에너지방정식} \rightarrow P_4 - P_3 = \frac{\rho \alpha (V_3^2 - V_4^2)}{2} + \frac{\dot{W}_{pump,u}}{\dot{V}}$$

$$= \frac{(1000kg/m^3)(1.0)((2.95m/s)^2 - (5.79m/s)^2)}{2}$$

$$+ \frac{3.9kJ/s}{11.36 \times 10^{-3} m^3/s} = \boxed{330.9 kPa}$$

Ch5-109



$$D_1 = 6.00 \text{ cm}, D_2 = 11.00 \text{ cm}$$

(a) 압력차 $P_2 - P_1$ 을 구하라. (에너지 방정식 사용)

(b) 베르누이 방정식을 이용해서 반복하라.

(비거벽적 수두손실 무시 & 운동에너지 보정계수 = 1)

베르누이 결과로 백분율 오차를 계산하라.

베르누이가 적용되는지 판단하기

(c) $P_2 - P_1 > 0 \rightarrow$ 압력이 흐름방향으로 증가, 어떻게 가능?

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 1.05$$

$$\dot{V} = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_L = 0.45 \text{ m}$$

(a) 수평 $\rightarrow z_1 = z_2$

유동은 정상, 비압축성

유체의 에너지 방정식

$$\frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{pump,m} = \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_{turbine,e} + h_L$$

$$P_1 + \alpha_1 \frac{\rho V_1^2}{2} = P_2 + \alpha_2 \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho g h_L$$

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{2} (\alpha_1 V_1^2 - \alpha_2 V_2^2) - \rho g h_L = \frac{\rho}{2} (1.05)(V_1^2 - V_2^2) - \rho g h_L$$

$$V_1 = \frac{\dot{V}}{A_1} = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0.06 \text{ m})^2 / 4} = 8.842 \text{ m/s}$$

물의 밀도 1000 kg/m^3

$$V_2 = \frac{\dot{V}}{A_2} = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0.11 \text{ m})^2 / 4} = 2.631 \text{ m/s}$$

$$P_2 - P_1 = \left\{ \left(\frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} \right) (1.05) (8.842^2 - 2.631^2) (\text{m}^2/\text{s}^2) - (1000 \text{ kg/m}^3) (9.81 \text{ m/s}^2) (0.45 \text{ m}) \right\}$$

$$= \boxed{32.996 \text{ kPa}}$$

$$\left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right)$$

(b) 베르누이 방정식 \rightarrow 압력차 구하기

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + z_2$$

$$P_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 \rightarrow P_2 - P_1 = \frac{\rho}{2} (V_1^2 - V_2^2)$$

$$= \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} (8.842 \text{ m/s}^2 - (2.631 \text{ m/s})^2)$$

$$= \boxed{35.629 \text{ kPa}}$$

$$\left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right)$$

백분율 오차 계산하기

$$\left| \frac{32.996 - 35.629}{32.996} \right| \times 100 \approx \boxed{7.98\%}$$

베르누이 적용 가능? Yes

아유: 파이프 손실을 무시할 수 있으면, 기계적 에너지의

떨어지지 않는다고 판단할 수 있다.

비거벽적 수두손실 무시, 미찰 무시하면

$$\leftarrow h_L = e_{\text{mech loss, piping}}/g \approx 0$$

그리고 기계적 장치가 없으므로
식은 베르누이 방정식과 동일하므로
베르누이 적용할 수 있다.

191000542시험

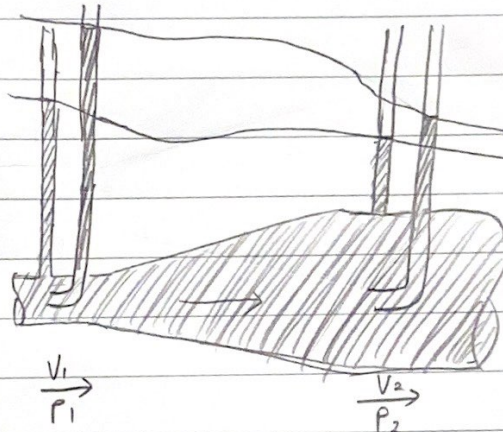
DATE.

NO.

Ch 5-109

(c) 압력증가? 수력구배선, 에너지 구배선 계산을 설명하라.

(표 20)



$$P_2 - P_1 > 0$$

EGL

HGL

→ 차이 작아지며 속도 감소

에너지의 크기들을 유량을 이용하여 그래프로 나타냄

따라서 $\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z = H = \text{일정}$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{(8.842)^2}{2(9.81)} = 3.98 \text{ m}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{(2.631)^2}{2(9.81)} = 0.35 \text{ m}$$

↓ 감소 $\Rightarrow \frac{P_1}{\rho g} < \frac{P_2}{\rho g}$

따라서 $P_2 - P_1$ 의 값은 양수기나오며, 여기서 유체는 흐르면서 압력이 증가한다.

베르누이 방정식 (기계적 에너지 보존관계식)

‘압축성효과와 미찰효과를 무시할 수 있는 정상유동에서 유선을 따라 유체입자의 운동에너지, 위치에너지, 유동에너지의 합은 일정하다’

$$\Rightarrow \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = \text{일정}$$

또 넓어진다고 압력감소 X, (정상, 비압축성 유동에서!)