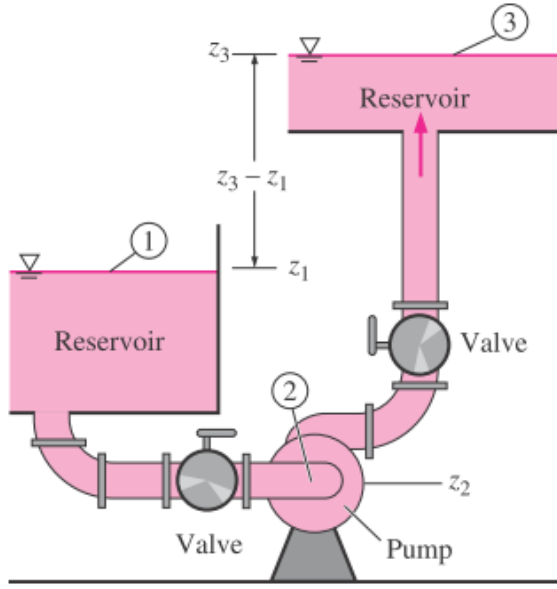


Örnek Problem Çözümü: KAVİTASYONSUZ MAKSİMUM POMPA DEBİSİ

Bir merkezkaç pompa, yüzeyi pompa girişinin merkez çizgisinin 3.0 m üzerinde olan bir su deposundan 25°C sıcaklığındaki suyu basmak için kullanılmaktadır. Borulama sistemi 30.5 mm'lik iç çapa ve ihmal edilebilir bir ortalama iç yüzey pürüzlülüğüne sahip 20.42 m uzunluğundaki PVC borudan oluşmaktadır. Altındaki su deposuyla pompa girişi arasındaki borunun uzunluğu 3.65 m dir. Borulama sisteminde, keskin köşeli giriş ($K_K=0.5$), iki adet flanşlı pürüzsüz 90° lik normal dirsek (her biri için $K_K=0.3$), iki tam açık küresel vana (her biri için $K_K=6.0$) ve yukarıdaki su deposuna çıkış ($K_K=1.05$) kayıpları olmak üzere bazı yerel kayıp elemanları bulunmaktadır. Pompanın gerekli net pozitif emme yükü imalatçı tarafından $NPEY_{gerekli} = 0.30 \text{ m} + (0.000845 \text{ m}/(\text{L/dakika})^2) Q^2$ şeklinde uydurulmuş bir eğri denklemlerle verilmiştir. Burada hacimsel debi (Q) L/dakika birimindedir. Kaviteasyon oluşmadan basılabilecek maksimum hacimsel debiyi (L/dakika olarak) hesaplayınız.



Kabüller: 1) Akış daimi ve sıkıştırılmaz, 2) türbülanslı akış

Özellikler: standart atmosfer, $P_{atm} = 101.3 \text{ kPa}$
25°C deki su için; $\rho = 997.0 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 8.91 \times 10^{-4} \text{ kg/m-s}$ ve
doyma basıncı $P_v = 3.169 \text{ kPa}$

Pompa girişindeki Net Pozitif Emme Yükü (NPEY):

$$NPEY = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{pompa_giriş} - \frac{P_v}{\rho g}$$

Bu denklemden, pompa girişindeki basınç yükünü bulmak için (1) ve (2) noktaları arasında enerji denklemi yazılır:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_L + h_K$$

Bu denklemden; $p_1 = p_{atm}$, $p_2 = p$, $V_2 = V$, $z_1 - z_2 = 3 \text{ m}$,

$$\frac{P}{\rho g} = \frac{P_{atm}}{\rho g} + (z_1 - z_2) - \frac{V^2}{2g} - h_L - h_K, \text{ bu denklemden } h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \text{ ve } h_K = \sum K_K \frac{V^2}{2g} \text{ yerlerine konursa,}$$

$$\frac{P}{\rho g} = \frac{P_{atm}}{\rho g} + (z_1 - z_2) - \frac{V^2}{2g} - f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} - \sum K_K \frac{V^2}{2g} \text{ denkleminin yukarıdaki NPEY denkleminde yerine konursa;}$$

$$NPEY = \left(\frac{P_{atm}}{\rho g} + (z_1 - z_2) - \frac{V^2}{2g} - f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} - \sum K_K \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{pompa_giriş} - \frac{P_v}{\rho g}$$

$$NPEY = \frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} + (z_1 - z_2) - \frac{V^2}{2g} \left(f \frac{L}{D} + \sum K_K \right) \quad \sum K_K = 0.5 + 0.3 + 6.0 = 6.8$$

Sayısal değerler yerlerine konursa,

$$NPEY = \frac{(101.3 - 3.169) * 1000}{997 * 9.81} + 3.0 - \frac{V^2}{2 * 9.81} \left(f \frac{3.65}{0.0305} + 6.8 \right) = 13.033 - 6.099 * f * V^2 - 0.346 * V^2$$

$$\text{Debiyi hız cinsinden ifade edelim; } Q = A * V = \frac{\pi D^2}{4} * V = \frac{\pi * 0.0305^2}{4} V = 0.000232 * V$$

Pompa imalatçısı tarafından verilen NPEY:

$$NPEY_{gerekli} = 0.30 + 0.000845 * Q^2 = 0.30 + 0.1637 * V^2$$

Kaviteyonsuz maksimum debi için; $NPEY_{gerekli} = NPEY$ olmalıdır.

Bu eşitlik yapılırsa;

$$0.30 + 0.1637 * V^2 = 13.033 - 6.099 * f * V^2 - 0.346 * V^2; \text{ ifadesi elde edilir. Bu ifade hız için çözümlerse;}$$

$$V = \sqrt{\frac{12.733}{6.099 * f + 0.5097}} \text{ elde edilir.}$$

Darcy sürtünme faktörünü (f) bulalım:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{997 * V * 0.0305}{8.91 * 10^{-4}} = 34128.5 * V \quad \varepsilon / D = 0, \text{ pürüzsüz plastik boru}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 * \log \left(\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} \right)^{1.1} \right) = -1.8 * \log \left(\frac{6.9}{Re} \right) = -1.8 * \log \left(\frac{6.9}{34128.5 * V} \right)$$

Kavitasyonsuz pompa debisine karşılık gelen hızı bulmak için bir iterasyon çözüm gerekiyor.

Bu tür hesaplama elle yapılabilir. Ancak burada **Ms_Excel** tablosu kullanılmıştır. Aşağıdaki tabloda, f_tahmin başlangıç değeri 0.01 olarak alınmıştır. Bu f_tahmin değerine bağlı olarak, yukarıda ifade edilen denklemlerden, hız (V), Reynolds sayısı (Re) ve yeni bulunan Darcy sürtünme faktörü (f) hesaplanmıştır.

| <u>f tahmin</u> | <u>V (m/s)</u> | <u>Re</u> | <u>f bulunan</u> |
|-----------------|----------------|-----------|------------------|
| 0.0100000 | 4.724 | 161206.5 | 0.0161727 |
| 0.0161727 | 4.575 | 156138.6 | 0.0162759 |
| 0.0162759 | 4.573 | 156057.9 | 0.0162776 |
| 0.0162776 | 4.573 | 156056.6 | 0.0162777 |

İterasyon ile elde edilen V=4.573 m/s hız değeri kullanılarak, debi Q=0.000232*4.573= 0.001061 m³/s bulunur. Bu durumda, kavitasyonsuz maximum pompa debisi ; **Q= 63.6 L/dakika** dır.

Kaynak: Çengel & Cimbala, Akışkanlar Mekaniği ders kitabı, **Problem 14-56**, Güven Bilimsel 2008.