



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

2016-2017 BAHAR DÖNEMİ

KMM310

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I

AKIŞ HIZI HESAPLAMALARI

Yrd.Doç.Dr. S. Gamze ERZENGİN

AKIŞ HIZI HESAPLAMALARI

Amaç: Bu deneyde sıvı akışkan olan suyun hacimsel, çizgisel ve kütleli akış hızları hesaplanacaktır. Yatışkın durum için kütle denkliği yapılarak, süreklilik denkliğine ulaşılabacaktır. Ayrıca suyun akış hızları değiştirilerek Reynolds sayısı hesaplanacak ve akış türü belirlenecektir. Dairesel kesitli borudan akan akışkanın hız profile araştırılacak, akışkana ait ortalama hız ve maksimum hız kavramlarına değinilecektir.

Teori

Dairesel kesitli borudan akan akışkanın hacimsel akış hızı (hacimsel debi) Q (m^3/s);

$$Q = v A \quad (E-1)$$

Burada v akışkanın boru içindeki çizgisel hızını (m/s), A ise akışın gerçekleştiği borunun kesit alanını ($\pi R^2 = \pi D^2/4$, m^2) temsil etmektedir.

Boru içerisinden akan akışkanın hızı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$v = 4 Q / \pi D^2 \quad (E-2)$$

Burada v akışkanın ortalama hızını belirtmektedir.

Akışkanın kütleli akış hızı (kütleli debi) m (kg/s), eşitlik-3'teki formülle elde edilir:

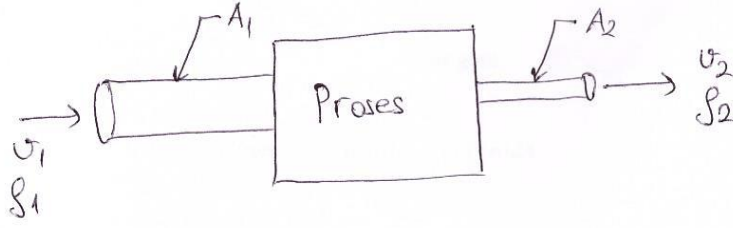
$$m = \rho v A = \rho Q \quad (E-3)$$

Eşitlikteki ρ (kg/m^3) suyun özgül ağırlığını ifade etmektedir.

Genel Kütle Denkliği ve Süreklilik Denklemi

Üretim/tüketimin olmadığı basit kütle denkliği şöyledir:

$$\text{Giren} = \text{Çıkan} + \text{Biriken} \quad (E-4)$$

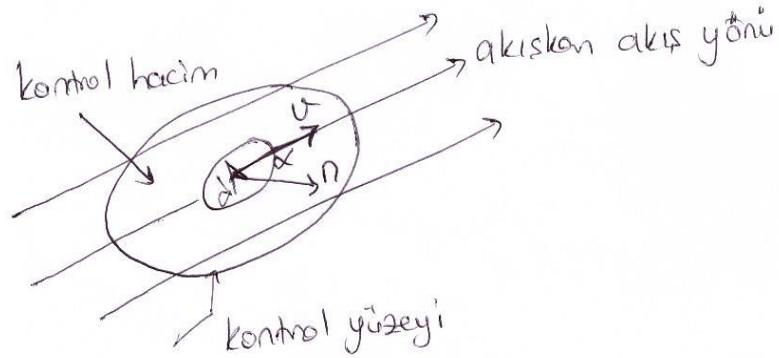
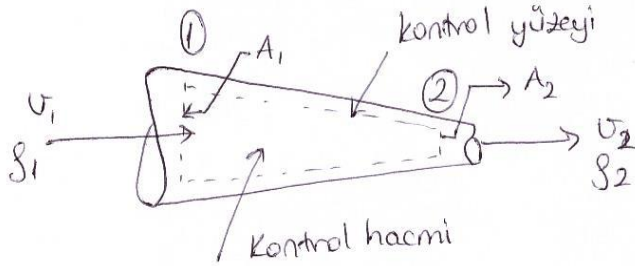


Yukarıdaki akış sisteminde, akışkan 1 noktasından sisteme v_1 hızı (m/s) ve ρ_1 (kg/m³) özgül ağırlığıyla giriş yapmakta ve sistemden 2 noktasından v_2 hızı ve ρ_2 özgül ağırlığıyla ayrılmaktadır. Dairesel kesitli boruların alanları A_1 ve A_2 olarak belirtilirse, süreklilik denklemi :

$$m = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

(E-5) (yatskin durum)

Burada m (kg/s), G kütleli akı (kg/s.m²) $G = \rho v$, Q hacimsel akış hızı (m³/s) $Q = v A$ 'dır.



Kontrol hacimde yazılan genel kütle denkleğine göre;

$$\text{Çıkan} - \text{Giren} = \iint_A v \rho \cos \alpha dA = \iint_A \rho (v \cdot n) dA \quad (\text{E-6})$$

Kontrol hacimde biriken kütle ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Birikim} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV = \frac{dM}{dt} \quad (\text{E-7})$$

Yatışkın durum koşullarında ise denklik aşağıdaki hale dönüşür:

$$\text{Giren kütle hızı} = \text{Çıkan kütle hızı} \quad (\text{yatışkın durum})$$

$$\text{Çıkan} - \text{Giren} = \iint_A v \rho \cos \alpha dA = \iint_A \rho (v \cdot n) dA = 0 \quad (\text{E-8})$$

v_1 hızının yönü içe doğru olduğundan v_1 vektörü ile n vektörü arasındaki açı 180° dir ve $\cos \alpha_1 = -1.0$ değerini alır. Akışkanın borudan çıkış hız vektörü v_2 yönü dışa doğrudur, bu durumda v_2 ile n vektörü arasındaki açı 0° olmaktadır ($\cos \alpha_2 = 1.0$). Eşitlik-6 düzenlenirse;

$$\iint_A v \rho \cos \alpha dA = \iint_{A_2} v \rho \cos \alpha_2 dA + \iint_{A_1} v \rho \cos \alpha_1 dA = v_2 \rho_2 A_2 - v_1 \rho_1 A_1 = 0 \quad (\text{E-9})$$

halini alır. Bu ifade ise yatışkın durum koşulunda süreklilik denklemini verir.

$$m = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \quad (dM/dt=0)$$

Reynolds Sayısı

$$N_{Re} = Dv\rho / \mu \quad (\text{E-10})$$

D boru çapını (m), v çizgisel hızı (m/s), ρ akışkanın özgül ağırlığını (kg/m^3) ve μ akışkanın viskozitesini ($\text{Pa}\cdot\text{s}$ - $\text{kg/m}\cdot\text{s}$) belirtmektedir. Reynolds sayısı birimsiz bir değerdir.

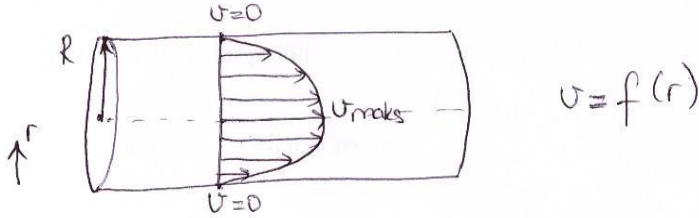
$N_{Re} < 2100$ (akış laminar)

$N_{Re} > 4000$ (akış turbulent)

$2100 < N_{Re} < 4000$ (geçiş bölgesi)

Daire Kesitli Boruda Hız Profili

1.Laminar akışta hız profili



Laminar akışta ortalama hız şöyle hesaplanır:

$$v_{ort} = \frac{1}{A} \iint_A v dA \quad (E-11)$$

v_{ort} : boru içinde ortalama akışkan hızı (m/s)

v : radyal mesafeye bağlı hız (m/s)

A : borunun kesit alanı (m^2)

Burada akışkanın özgül ağırlığı sabit kabul edilmiştir.

$$v = v_{maks} \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (E-12)$$

v_{maks} boru merkezindeki maksimum hızı (m/s), r merkeze olan radyal mesafeyi (m) ve R boru yarıçapını (m) belirtmektedir.

Eşitlik-12'yi Eşitlik-11'de yerine koyarsak;

$$v_{ort} = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^{2\pi} \int_0^R v_{maks} \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] r dr d\theta \quad (E-13)$$

$$v_{ort} = \frac{v_{maks}}{\pi R^4} \int_0^{2\pi} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr d\theta \quad (E-14)$$

$$v_{ort} = \frac{v_{maks}}{\pi R^4} (2\pi - 0) \left(\frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4} \right) \quad (E-15)$$

$$v_{ort} = v_{maks}/2$$

2. Turbulent akışta hız profili

Turbulent akış için hız ifadesi şu şekildedir:

$$v = v_{maks} \left[\left(\frac{R-r}{R} \right)^{1/7} \right] \quad (E-16)$$

DENEYSEL:

Deneysel veriler:

İlk hacim (m ³) V_1	Son hacim (m ³) V_2	Hacim farkı (m ³) ΔV	İlk zaman (sn) t_1	Son zaman (sn) t_2	Zaman farkı (sn) Δt	Hacimsel debi (m ³ /s) $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$	Kesit alanı (m ²) $A_{y.g} = \frac{\pi D^2}{4}$	Akışkan hızı (m/s) $v = \frac{Q}{A_{y.g}}$	N_{Re}

1. Kütlesel akış hızını hesaplayın.
2. Süreklilik denklemini oluşturun.
3. Reynolds sayısına göre akış türünü belirleyin.
4. Hesaplanan akışkan hızı maksimum hız mı yoksa ortalama hız mıdır, açıklayın.

REFERANSLAR

1. Geankoplis, Christie J., Transport Processes and Unit operations, 2nd. ed., 1983, Allyn and Bacon Series in engineering, Massachusetts.