

DOĞAL ISI TAŞINIMI

Bir akışkan, farklı sıcaklıktaki bir yüzey ile temasa geçtiğinde, akışkan içinde sıcaklık farkları meydana gelir. Sıcaklığı fazla olan akışkan zerreleri, yoğunluğu azaldığından yukarıya doğru, sıcaklığı az olan akışkan zerreleri ise yoğunluğu arttığından, aşağıya doğru hareket etmeye başlar. Akışkan içindeki sıcaklık farklarının sonucu olarak, akışkanın yoğunluğundaki değişimin meydana getirdiği bu harekete *doğal taşınım* denir. Doğal taşınım sonucu meydana gelen ısı taşınımına da *doğal ısı taşınımı* denir. Doğal ısı taşınımına en güzel örnek, konutların ısıtılmasında kullanılan radyatörlerdir. Radyatör ile temas eden hava molekülleri ısınarak genişler ve yukarıya doğru yükselir. Yukarıya yükselen hava moleküllerinin yerine daha soğuk moleküller gelerek, oda içinde doğal taşınım hareketi meydana gelir. Radyatörler, doğal ısı taşınımının yanında, ışınlama da ısıtma yaparlar.

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_f - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad \beta = \frac{1}{T_f} \quad T_f = \frac{T_f + T_\infty}{2}$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada; Gr_L Grashof sayısı, T_f yüzey sıcaklığı, T_∞ akışkan ortalama sıcaklığı, ν kinematik viskozite, g yer çekimi ivmesi, β hacimsel genişleme katsayısı ve L levhanın yüksekliğidir. Hacimsel genişleme katsayısı ,

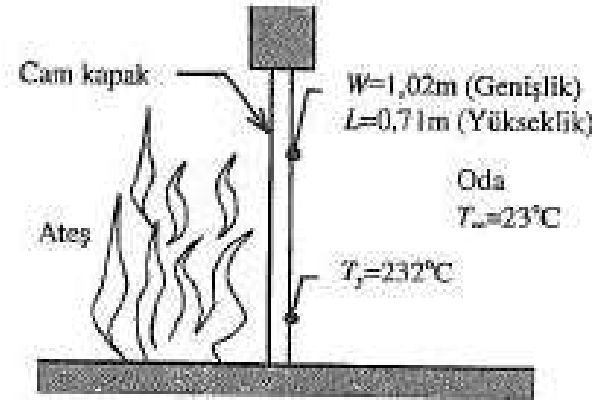
Burada T_f film sıcaklığı olup Kelvin (K) cinsinden

alınmalıdır. Yerel Grashof sayısı için, L yerine istenilen yükseklikteki uzunluk (x) konularak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_f - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

ÖRNEK 5.1

Oda havasının baca içinden gitmesini azaltmak için, şöminenin önüne yüksekliği 0,71 m ve genişliği 1,02 m olan cam kapak konulmuştur. Cam kapağın sıcaklığı 232°C ve oda sıcaklığı 23°C olması halinde cam kapaktan odaya, doğal taşınım ile olan ısı geçişini hesaplayınız.



Çözüm:

Kabuller:

1. Cam kapak yayılı T_f sıcaklığında, 2. Özellikler sabit, 3. Oda havası sakin.

$$T_f = \frac{T_f + T_o}{2} = \frac{232 + 23}{2} = 117^\circ\text{C} = 390\text{ K sıcaklığındaki hava için Ek4'den; } k = 0,0338$$

$$\text{W/mK, } \gamma = 6,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \alpha = 38,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, Pr = 0,690, \beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{400} = 0,0025 \text{ K}^{-1} \text{ dir.}$$

Doğal taşınım ile geçen ısı miktarı;

$$Q = \bar{h}A_s(T_f - T_o)$$

dır. Ortalama ısı taşınım katsayısı \bar{h} , doğal ısı taşınımına göre hesaplanmalıdır. Hangi bağıntının kullanılacağını belirleyebilmek için *Grashof* yada *Rayleigh* sayısının bilinmesi gerekir.

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_f - T_\infty)L^3}{\alpha\gamma} = \frac{9,8 \times 0,0025(232 - 23)0,71^3}{38,3 \times 10^{-6} \times 26,4 \times 10^{-6}} = 1,813 \times 10^9$$

$$Ra_L = 1,813 \times 10^9 > 10^9$$

Bu değer için denk (5.11) bağıntısı kullanılabilir. Buna göre ortalama ısı taşınım katsayısı,

$$\bar{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{\left[1 + (0,492 / Pr)^{9/16} \right]^{1/27}} \right\}^2 = \left\{ 0,825 + \frac{0,387(1,813 \times 10^9)^{1/6}}{\left[1 + (0,492 / 0,690)^{9/16} \right]^{1/27}} \right\}^2 = 147$$

$$\bar{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k}$$

$$\bar{h} = \frac{\bar{Nu}_L k}{L} = \frac{147 \times 338 \times 10^{-3}}{0,71}$$

$$\bar{h} = 7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

şeklinde bulunur. Doğal taşınım ile geçen ısı miktarı,

$$Q = 7,0 \times 1,02 \times 0,71 (232 - 23)$$

$$Q = 1060 \text{ W}$$

olur.

Not: Cam kapağın yayma katsayısı $\epsilon = 1,0$ kabul edilerek cam kapak ile oda arasında ışınlama ile geçen ısı miktarı hesaplanır ise;

$$Q_r = \sigma \epsilon A_s (T_s^4 - T_{\infty}^4)$$

$$Q_r = 5,67 \times 10^{-8} \times 1 \times 1,02 \times 0,71 (505^4 - 296^4)$$

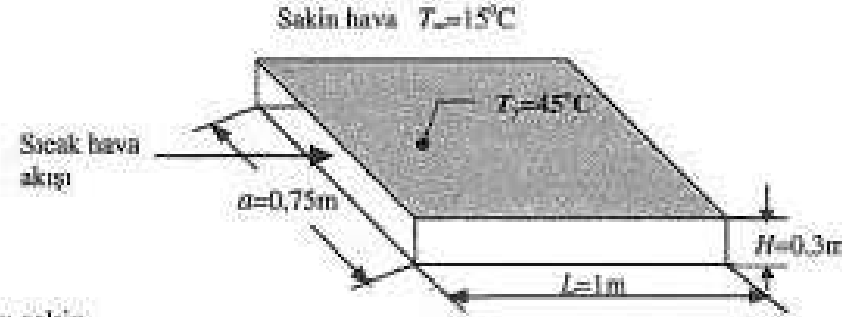
$$Q_r = 2355 \text{ W}$$

bulunur. Bu sonuçtan görüldüğü gibi kapaktan ışınlama ile geçen ısı geçişi, doğal taşınım ile geçen ısı geçişinden çok daha fazladır.

ÖRNEK 5.2

Kesiti 0,3m x 0,75 m olan uzun bir kanal içinden sıcak hava akmaktadır. Yüzey sıcaklıkları 45°C'ta sabit kalan kanal, yatay olarak 15°C sıcaklığındaki sakin bir hava ortamında bulunmaktadır. Kanalın 1m boyundan olan ısı kaybı ne kadardır?

Çözüm:



Kabuller:

1. Ortam havası sakin
2. Işınım ihmal
3. Yüzey sıcaklıkları sabit

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{45 + 15}{2} = 30^\circ\text{C} = 303\text{K'deki hava için } \gamma = 16,2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \alpha = 22,9 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, k=0,0265 \text{ W/mK}, Pr=0,71$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{303} = 0,0033\text{K}^{-1}$$

Kanal parçasının doğal taşınım ile olan ısı kaybı, yatay alt ve üst yüzeylerinden ve dikey yan yüzeylerinden meydana gelmektedir. Dikey yan yüzeyler için;

$$Ra_c = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)H^3}{\gamma\alpha} = \frac{9,8 \times 0,0033 \times (45 - 15) \times 0,3^3}{16,2 \cdot 10^{-6} \times 22,9 \times 10^{-6}}$$

$$Ra_c = 7,07 \times 10^7$$

$0 < Ra_L < 10^9$ olduğundan denklem (5.12) kullanılabilir. Buradan,

$$\bar{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 Ra_L^{1/4}}{\left[1 + (0,492 / Pr)^{9/16}\right]^{4/9}} = 0,68 + \frac{0,670 \times (7,07 \cdot 10^7)^{1/4}}{\left[1 + (0,492 / 971)^{9/16}\right]^{4/9}} = 47,886$$

$$\bar{Nu}_L = \frac{\bar{h}_{\text{yatay}} H}{k}$$

$$\bar{h}_{\text{yatay}} = \frac{k \bar{Nu}_L}{H} = \frac{0,0265 \times 47,886}{0,3} = 4,23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

bulunur. Yatay yüzeylerdeki *Rayleigh* sayısı için karakteristik uzunluk denk.(5.17)'den;

$$L = \frac{A}{L} = \frac{L \times a}{2(L + a)} = \frac{1 \times 0,75}{2 \times (1 + 0,75)} = 0,214 \text{ m}$$

Yatay yüzeylerdeki *Rayleigh* sayısı;

$$Ra_L = \frac{9,8 \times 0,0033 \times 30 \times (0,214)^3}{16,2 \cdot 10^{-6} \times 22,9 \cdot 10^{-4}} = 2,56 \cdot 10^7$$

Üst yüzeyden olan doğal ısı taşınımı için denklem (5.19)'dan,

$$\overline{Nu}_L = 0,15 Ra_L^{1/3} = 0,15(2,56 \times 10^7)^{1/3} = 44,25$$

$$\overline{h}_{\text{üst}} = \frac{k \overline{Nu}_L}{L} = \frac{0,0265}{0,214} 44,25 = 5,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Alt yüzeyden olan doğal ısı taşınımı denklem (5.20)'den;

$$\overline{Nu}_L = 0,27 Ra_L^{1/4} = 0,27(2,56 \times 10^7)^{1/4} = 19,21$$

$$\overline{h}_{\text{alt}} = \frac{k \overline{Nu}_L}{L} = \frac{0,0265}{0,214} 19,21 = 2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

olur. Kanalı bir metre uzunluğundan olan ısı geçişi;

$$Q = (h_{\text{üst}} 2A_{\text{üst}} + h_{\text{alt}} A_{\text{alt}} + h_{\text{alt}} A_{\text{alt}}) (T_y - T_{\infty})$$

$$Q = (4,23 \times 2 \times 1 \times 0,3 + 5,47 \times 1 \times 0,75 + 2,38 \times 1 \times 0,75)(45 - 15)$$

$$Q = 252,76 \text{ W}$$
