روش‌های انتقال حرارت و تأثیر آن در طراحی سیستم‌های گرمایشی

در شماره پیشین نشریه گروه صنایع "بی‌تی‌اس" به بررسی انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی پرداخته شد. همچنین مکانیزم جابه‌جایی طبیعی و روابط کلی حاکم بر آن شـــرح داده شد. در جابه‌جایی طبیعی، سیال بدون نیاز به پمپ یا فن و فقط به دلیل وجود اختلاف چگالی، جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه مقدار انتقال حرارت طبیعی به شکل هندسی جسم وابسته است؛ در این شماره به بررسی جابه جایی طبیعی در مجاورت یک سطح عمودی پرداخته خواهد شد.

جابه‌جایی طبیعی روی ســـطح یک جسم به هندسه و نحوه قرار گرفتن آن جسم، دمای سطح و خواص سیال در برگیرنده جسم وابسته است. جابه‌جایی طبیعی بر روی یک ســـطح عمودی زمانی رخ می دهد که یک ســـیال با دمای متفاوت از دمای سطح، با سطح عمودی در تماس باشد. اگر سطح از سیال گرم‌تر باشـــد؛ سیال در تماس با آن گرم می‌شـــود و چگالی آن کاهش می‌یابد. پس از آن، ســـیال به طرف بالا حرکت می کند و باعث به وجود آمدن جابه جایی طبیعی می شود.

جابه‌جایی طبیعی بر روی سطح عمودی

بر روی یک سطح عمودی، عدد بی‌بعد ناسلت را از رابطه روبرو می‌توان محاسبه نمود:

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra^{1/6}}{\left[1 + (0.492/pr)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2$$

همچنین زمانی که جریان آرام و عدد بی‌بعد رایلی کمتر از 10^9 باشد؛ رابطهٔ زیر دقت بالاتری دارد:

$$Nu = 0.68 + \frac{0.670Ra^{1/4}}{\left[1 + (0.492/pr)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

تعریف اعداد بی‌بعد رایلی (Ra) در شماره پیشین نشریه گروه صنایع "بی‌تی‌اس"بیان شـــد. در گازهای ایده‌آل ضریب انبساط حجمی به طور کلی به صورت $\frac{1}{T}$ تعریف می‌شود. به منظور محاسبه ضریب انبساط حجمی (β) در کنار یک سطح جامد باید از فرمول زیر استفاده نمود:

رابطه ۱:

$$\beta_{Ideal\ gas} = \frac{1}{T_f} \quad \left(\frac{1}{K}\right)$$

که در آن T_f، دمای فیلم نامیده شـــده و به روش زیر محاسبه می‌گردد:

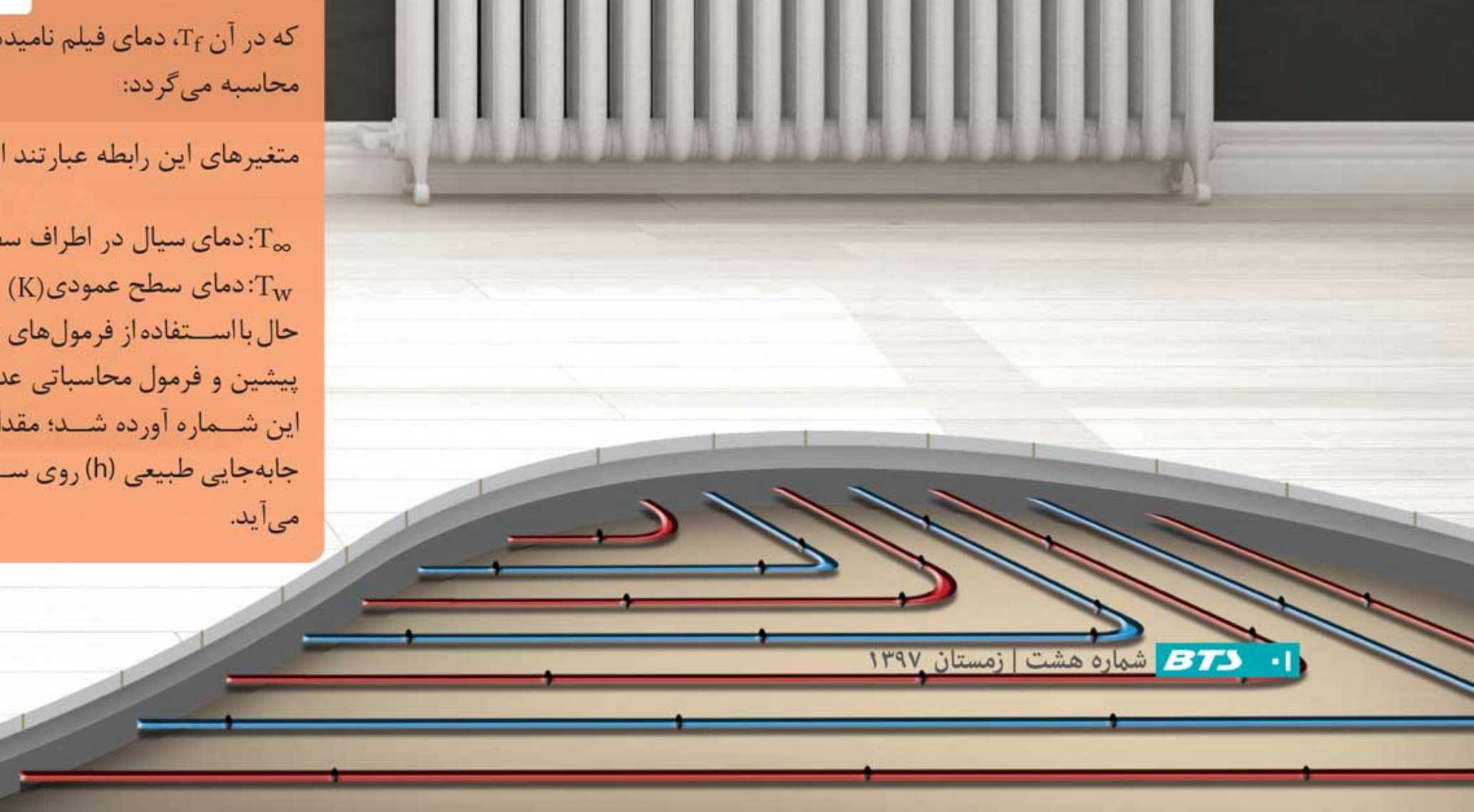
$$T_f = \frac{T_\infty + T_w}{2}$$

متغیرهای این رابطه عبارتند از:

T_∞: دمای سیال در اطراف سطح عمودی (K)

T_w: دمای سطح عمودی (K)

حال با اســـتفاده از فرمول‌های ذکر شـــده در شـــماره پیشین و فرمول محاسباتی عدد بی‌بعد ناسلت که در این شـــماره آورده شـــد؛ مقدار ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی (h) روی ســـطح عمودی به‌دســـت می‌آید.



در ادامه با حل مسئله‌ای به تشریح انتقال حرارت جابه جایی آزاد بر روی صفحه عمودی می پردازیم:
در این مثال مطلوب است محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت جابه جایی بین یک صفحه به طول ۱/۵ متر و دمای ۳۲۰ کلوین و هوا در دمای ۳۰۰ کلوین.
با مراجعه به جدول ۴- الف کتاب اینکروپرا خصوصیات هوا در دمای K ۳۱۰ برابر است با:

دمای فیلم $T_f = \frac{300 + 320}{2} = 310K$

ضریب انتقال حرارت هدایتی : $k=2.7\times10^{-5}\ {}^{k.W}/_{m.K}$	عدد بی بعد پرانتل : $Pr=0.7$
	ویسکوزیته سینماتیکی : $\upsilon=1.69\times10^{-5}\ {}^{m^2}/_{s}$

ضریب انبساط حجمی: $\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{310} = 0.003225\ 1/K$

اعداد بی بعد گراشف و رایلی با استفاده از فرمول‌های ذکر شده در شماره پیشین نشریه گروه صنایع "بی تی اس" به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$Pr = \frac{\mu C_p}{K} = \frac{1.89 \times 10^{-5} \times 1.0074}{2.7 \times 10^{-5}} = 0.7$$

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T\infty)L^3}{\upsilon^2} = \frac{9.81 \times 0.003225 \times (320 - 300) \times (1.5)^3}{(1.69 \times 10^{-5})^2} = 7.48\times10^9$$

$$Ra = Gr.Pr = 7.48 \times 10^9 \times 0.7 = 5.24 \times 10^9$$

برای مقادیر رایلی بزرگتر از 10^9، ناسلت برابر است با:

$$Nu = \left\{0.825 + \frac{0.387 \times (5.24\times10^9)^{1/6}}{\left[1 + (0.492/0.7)^{9/16}\right]^{8/27}}\right\}^2 = 205$$

بنا به تعریف عدد ناسلت، ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Nu = \frac{hL}{k} \rightarrow h = \frac{Nu.k}{L} = \frac{205\times2.7\times10^{-5}}{1.5} = 0.00369\ {}^{W}/_{m^2.K}$$

به خواست خدا در شماره‌های آینده علاوه بر ارائه توضیحات تکمیلی در خصوص انتقال حرارت طبیعی، تأثیر آن بر محاسبات بار حرارتی ساختمان، همچنین انتقال حرارت در سیستم‌های رادیاتوری و مقایسه آن با سیستم‌های گرمایش از کف ارائه می‌گردد.