

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE RELACIONANDO FATOR DE ATRITO, NÚMERO DE REYNOLDS E NÚMERO DE STANTON

Rodrigo M. A. Almeida, Tapan K. Sen

UNIFEI, Universidade Federal de Itajubá, Departamento de Engenharia Mecânica / IEM
 Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, CEP 37500-000, Itajubá, MG
 E-mail: rmaax@ig.com.br; tapan@unifei.edu.br

Introdução

A partir de uma equação teórica para o cálculo do fator de atrito (Sen e Silva., 1981) foi desenvolvido um programa para a resolução numérica da mesma e posterior determinação do número de Stanton. O programa apresenta uma simulação gráfica da equação teórica, e a comparação desta com outras duas empíricas. Foram relacionados o número de Reynolds e o fator de atrito em função do número de Stanton. Um problema proposto foi resolvido para análise do erro gerado pelo cálculo com as equações propostas.

Objetivo

Mostrar a validade da equação teórica de Tapan-Eli para o cálculo do fator de atrito e a diferença gerada por ela no posterior cálculo do número de Stanton. Verificar também a validade das respostas em um problema prático.

Metodologia

O número de Stanton pode ser determinado a partir da analogia de Reynolds (Bartz, 1965) que propõe a determinação do coeficiente de troca de calor por convecção a partir do coeficiente de perda de carga. Outra forma é através do teorema dos Pi's de Buckingham (Kreith, 1973).

Chilton-Colburn (Kakaç e Yesser., 1994; Bartz, 1965) propuseram que a maioria dos dados experimentais pode ser aproximados apenas introduzindo coeficientes de correção na analogia de Reynolds (Eq. 1).

$$St = \frac{f}{8} Pr^{2/3}, \{0,6 \leq Pr \leq 60\} \quad (1)$$

A Equação (1) foi utilizada para a resolução de um problema prático, o cálculo da quantidade e comprimento de tubos para um determinado trocador de calor (Fig. 4), no problema o fluido é o ar à temperatura média de 318K com $Pr = 0,711$.



Figura 1 – Tela de entrada e geração dos dados a serem analisados

Para o cálculo do fator de atrito foram utilizadas três equações, uma teórica, Eq. (2) (Sen e Silva., 1981), e duas empíricas, Eq. (3) (Streeter e Wilye, 1982) e Eq. (4) (Nekrassov, 1977). Na Fig. 1 tem-se a tabela de dados gerados a partir das equações propostas.

$$f = 8 \left\{ \frac{1}{0,4} \left[\ln(Re \sqrt{f}) - 3,232 \right] + 5,5 \right\}^{-2}, \{2300 \leq Re \leq 4.10^6\} \quad (2)$$

$$f = 0,316 Re^{-0,25}, \{3000 \leq Re \leq 10^5\} \quad (3)$$

$$f = (1,8 \cdot \log(RE) - 1,5)^{-2}, \{2300 \leq RE \leq 4.10^6\} \quad (4)$$

Analisa-se também a diferença entre os resultados obtidos pela Eq (2) – Tapan-Eli, teórica, e as equações: Eq (3) – Blasius e Eq. (4) – Konakov, empíricas.

Resultados

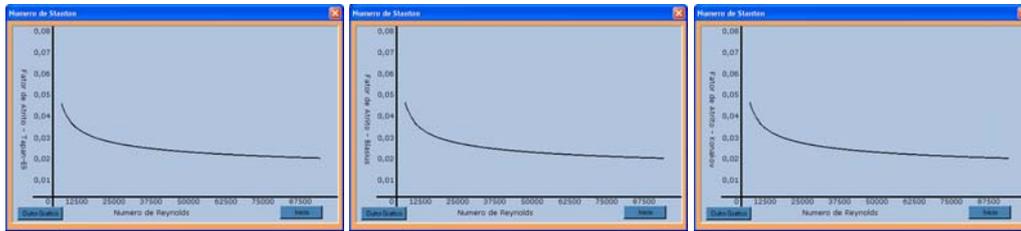


Figura 2 – Fator de Atrito X RE para: a) Eq. (2) - Tapan-Eli; b) Eq. (3) - Blasius; c) Eq. (4) – Konakov.

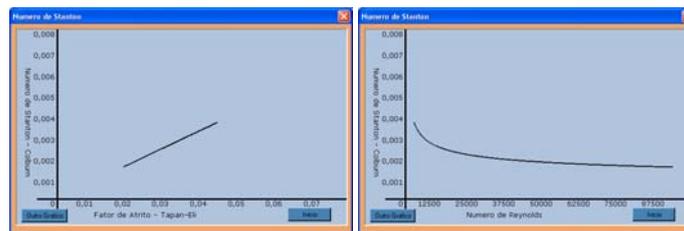


Figura 3 – St X Fator de Atrito (Tapan-Eli) e St X Número de Reynolds

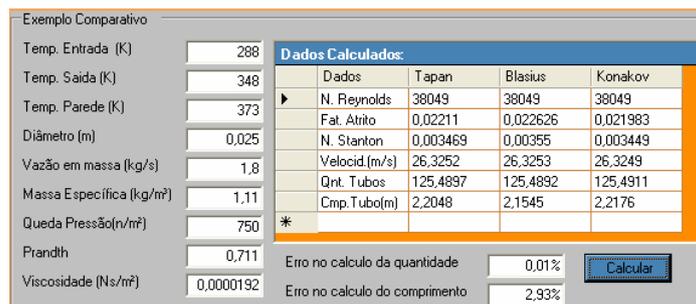


Figura 4 – Simulação e análise dos resultados de um exercício prático

Tabela 1 – Erro no cálculo do fator de atrito utilizando as Eq. (2), Eq. (3) e Eq. (4)

| | Erro Máximo (ϵ_{\max}) | Erro Médio (ϵ_{\max}) | Corvariância (δ) |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Tapan-Eli X Konakov | 0,95% | 0,50% | 0,0048 |
| Tapan-Eli X Blasius | 2,44% | 1,61% | 0,0049 |

Conclusão

Percebe-se a partir da Tab. 1 que o cálculo do Fator de Atrito a partir da Eq. (2) tem um erro máximo menor de 3% comparado com Blasius e menos de 1% comparado com Konakov.

Pela Fig. 3 percebe-se uma relação linear entre Fator de Atrito e N° de Stanton para Pr constantes.

A Fig. 4 mostra que o erro percentual gerado na resolução de um problema prático é muito pequeno, gerando menos de 3% de erro apenas no cálculo do comprimento dos tubos.

Referências Bibliográficas

- Bartz D.R., “Turbulent boundary layer heat transfer from rapidly accelerating flow of rocket combustion gases and of heated air”, Advances in heat transfer; Academic Press Inc, Vol. 2, New York, 1965.
- Kakaç S., Yener Y., “Convective heat transfer”; 2nd Ed; CRC Press, Inc., 1994.
- Kreith F., “Princípios da Transmissão de Calor”, Ed. Edgared Blücher Ltda, 1973.
- Nekrasov B., “Hydraulics for aeronautical Engineers”, Peace Publishers, Moscow, 1977.
- Sen T.K., Silva E., “Modelo geral para cálculo e verificação do fator de Atrito por TI59 com impressora PC-1000A”, Pesquisas na Escola Federal de Engenharia de Itajubá, MG, Vol 7, pp. 27-34, 1981.
- Streeter V. L., Wylie E. B., “Mecânica dos fluidos”, 7ª Edição, McGral Hill, São Paulo, 1982.