

AValiação DO USO DE CORRELAÇÃO PARA COEFICIENTE DE CONVEcÇÃO EM CILINDROS HORIZONTALS APLICADAS EM VERTICAIS

IGOR LIMA CHAVES

Mestrando em Engenharia Química, UFG, Goiânia-GO; igorlimachaves@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou estimar dados de coeficiente de convecção para escoamento externo em cilindros a partir da necessidade de troca térmica e de correlação semi-empírica em cilindros rotativos imersos em água, para, a partir disso, determinar velocidade de rotação para tempo de troca pré-determinado e ensaiar a troca térmica, comparando o coeficiente estimado com o necessário para a refrigeração. A análise da aplicabilidade do método é identificada a partir da efetividade de troca, que, para o pior caso testado apresentou um bom resultado de aproximação, estando por volta de 78%, um valor dentro das margens previstas pela metodologia utilizada, embasando a aplicabilidade no dimensionamento do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Rotação, convecção forçada, efetividade, troca térmica.

TECHNICAL APPLICATION OF CONVECTION COEFFICIENT CORRELATION WITH ORIENTATION CHANGE

ABSTRACT: This work aimed to estimate convection coefficient data for external flow in cylinders from the need for thermal exchange and semi-empirical correlation in rotating cylinders immersed in water, to determine the rotation speed for the pre-determined and tested the thermal exchange, comparing the estimated coefficient with what is necessary for the refrigeration. The analysis of the applicability of the method is identified from the exchange effectiveness, which, for the worst case tested, presented a good approximation result, which is around 78%, a value within the margins provided by the methodology used, based on the applicability in process sizing.

KEYWORDS: Rotation, forced convection, effectiveness, thermal exchange.

INTRODUÇÃO

Nem sempre é fácil encontrar correlações empíricas para determinar o coeficiente de troca térmica em um sistema, se fazendo necessário aplicar aproximações para estimar esta troca térmica de maneira razoável.

Sabe-se que as correlações para determinar os coeficientes de convecção são exclusivas do sistema, que o mesmo depende da geometria, do escoamento e das condições térmicas no qual ele se desenvolve.

Visando estender a aplicação de uma correlação se faz necessário determinar parâmetros para comparar a condição de troca térmica. Neste presente trabalho foi estudado se a correlação estimada para o processo de troca térmica é plausível de aplicação, frente a metodologia adotada.

Foi utilizado a correlação desenvolvida por Becker (1963), na qual a mesma é aplicada a um sistema com escoamento forçado através do giro do cilindro em água, testada para número de Reynolds de 100 a 46000 e número de Prandtl de 2,2 a 6,4. A prática foi executada para avaliar a hipótese de que, na convecção forçada, a posição do cilindro não interfere na troca térmica e no coeficiente de transferência de calor, uma vez que mantido a geometria e o modo de geração do escoamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O escoamento em torno de cilindros rotativos é uma prática estudada para modelar novos meios e técnicas de refrigeração do sistema, atualmente muito estudado via simulação computacional, porém neste trabalho foi executado com base numa correlação semi-empírica já desenvolvida. É existente a

correlação para cilindros rotativos posicionados na vertical no trabalho “Measurements of Convective Heat Transfer from a Horizontal Cylinder Rotating in a Pool of Water” desenvolvido por Becker (1963).

A correlação já desenvolvida será utilizada para encontrar a velocidade de rotação necessária para um cilindro na posição vertical, em função do número de Reynolds e a necessidade teórica do coeficiente de troca térmica para estabelecer a validade da utilização da correlação.

O único critério que será modificado para levantamento de dados é a posição do cilindro, que na correlação foi desenvolvida para a horizontal e na aplicação prática foi desenvolvido com o cilindro em posição vertical. A característica do escoamento não foi modificada, mantendo a geometria e o número de Reynolds de teste dentro da faixa padrão, mantendo o mesmo nas caracterizações de convecção forçada externa em regime laminar.

Para estimar o coeficiente de troca térmica ideal necessário foi utilizado um refrigerante em lata com formato cilíndrico como modelo de aplicação, no qual o mesmo seria submetido a um processo de escoamento externo e a sua temperatura iria cair para uma temperatura desejada. As temperaturas inicial e final adotada foram respectivamente 25°C e 1°C.

Diante da situação, foi adotado, como condições de contorno, que a temperatura superficial era constante, a rotação interna do líquido na lata configura um sistema homogêneo e bem misturado apresentando temperatura interna uniforme, no qual pode ser aplicado a análise de resfriamento de corpo por sistemas aglomerados.

Diante disto, foi utilizado a (Equação 1), onde m é a massa de líquido, Cp é o calor específico e ΔT é a variação de temperatura, para determinar a quantidade de calor que deveria ser trocada pelo sistema, considerando uma lata de volume 365 ml, um Cp médio de 1cal/g°C.

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (1)$$

Estipulando a Troca térmica teórica, sabendo o valor da área superficial de contato para uma bebida no padrão lata, especificando o tempo de troca para 5 minutos e as temperaturas de início e fim, podemos aplicar na equação de refrigeração de corpo por análise de aglomerados para obter a compatibilidade do tempo de refrigeração e o coeficiente h que configura esse sistema utilizando a (Equação 2), onde $T(t)$ é a temperatura no tempo final, T_{∞} é a temperatura do meio, h é o coeficiente convectivo, As é a área superficial de troca, ρ é a densidade e V é o volume de líquido.

$$\frac{T(t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}} = e^{-\left(\frac{h \cdot As}{\rho \cdot V \cdot Cp}\right)t} \quad (2)$$

Com um sistema de motorização controlável para gerar rotação, um sistema de eixo ventosa para fixar e transmitir a rotação da lata e o coeficiente convectivo estipulado pela (Equação 2), o sistema foi executado através da rotação na velocidade calculada pela (Equação 3) em função do número de Reynolds, onde Nu é o número adimensional de Nusselt, Re é o número de Reynolds e Pr o número de Prandtl.

$$Nu = 0.11Re^{0,68} \cdot Pr^{0,4} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema foi testado e foi possível chegar a valores expressivos para a troca térmica em uma variação de 24 °C. A quantidade de calor a ser trocada pelo sistema ideal deveria ser 31045,28 J e a real estimada pelo coeficiente de convecção da correlação foi de 39538,8 J.

A efetividade foi calculada a partir da troca ideal sobre a troca real estimada, como a seguir:

$$\varepsilon = \frac{\text{Troca ideal}}{\text{Troca real}} \quad (4)$$

$$\varepsilon = 0,7852 \text{ ou } 78,52\%$$

Apresentando uma variação de 22,48% da idealidade de troca térmica, o sistema representa, de forma geral, uma aproximação muito boa para a aplicação e dimensionamento prévio.

Vale ressaltar que a metodologia de sistemas aglomerados adota uma margem de erro de 15% nas aproximações e a correlação utilizada é definida com erro de 5%.

É notório que a efetividade de troca confere veracidade do resultado, a aplicação do método e o levantamento de dados, condizente com o fenômeno físico de maior grandeza no sistema, dominante do processo de transmissão de calor, a convecção forçada.

Sistema Utilizado Para Teste



Fonte: Chaves et al, 2017.

CONCLUSÃO

A correlação apresentada por Becker (1963) é possível de ser aplicada para sistemas cilíndricos de rotação na vertical sem muitas variações ou percas. Desde que mantenha todas as demais condições de escoamento e contorno desenvolvido para o sistema inicial.

A constatação da aplicação com variação dentro das margens de erro estipuladas é condizente com a veracidade do fenômeno, uma vez que a troca térmica ocorre por convecção forçada e esta independe da gravidade para ocorrer, o que torna insignificante a posição geométrica do cilindro. Retornando a ideia de convecção forçada é unicamente dependente do escoamento e geometria do mesmo, como já afirmado por alguns autores de literaturas concisas sobre este fenômeno, como Çengel & Ghajar (2012) e Incropera et al. (2007).

Um método mais eficiente para estimar a transferência de calor no corpo estudado daria precisões melhores e melhor estipulação dos valores, então, este se mostra uma ótima oportunidade de continuação dos estudos.

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- Becker, K. M.; Measurements of Convective Heat Transfer from a Horizontal Cylinder Rotating in a Pool of Water, International Journal of Heat and Mass Transfer, v.6, n.12, p.1053-1062, 1963.
- Chaves, Igor L. et al. Projeto De Equipamento Refrigerador De Bebidas No Padrão Lata, Goiânia: UNIP, 2017. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica).
- ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. Transferência de Calor e Massa: uma abordagem pratica. 4.ed Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012. 906.p
- Incropera, Frank P. ...[et al]. Fundamentos de Transferência de Calor e Massa, 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 644p.