

ANÁLISE DA REDUÇÃO DA PERDA DE CARGA EM ESCOAMENTOS DE ÓLEOS PESADOS POR TERMO-ACUMULAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR

Marcelo Vieira Cardoso, Johannes Coradini Gasparini e Rogério Ramos

UFES, Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Fernando Ferrari, 514, Bairro Goiabeiras, CEP: 29060-970, Vitória, ES

E-mail: marcelo-cardoso@terra.com.br, johannes_gasparini@yahoo.com.br

Introdução

A necessidade de transportar petróleo das áreas produtoras até o refino, associada ao crescimento da produção nacional torna imperativa a otimização da operação de oleodutos, visando a redução dos custos tanto da operação quanto da manutenção. Considerando ainda a característica do Brasil de possuir grandes reservas de óleos pesados e extra-pesados, essa otimização torna-se ainda mais importante, tendo em vista a enorme quantidade de energia demandada para o bombeamento bem como as elevadas taxas de desgaste da tubulação. Por outro lado, a reconhecida irradiação a qual o país é submetido, atingindo valores da ordem de 700W/m^2 (Cometta, 2004), apontam para o desenvolvimento de projetos que utilizam a energia solar de uma forma racional.

Objetivo

O objetivo deste projeto é propor uma metodologia básica visando o desenvolvimento de um equipamento termo-acumulador que tem como meta reduzir a viscosidade de óleos pesados, com conseqüente redução da perda de carga distribuída durante o escoamento no interior de oleodutos terrestres, utilizando a energia solar como fonte de calor e a fusão de Parafina tipo 170/190°F como meio de termo-acumulação, utilizando seu baixo ponto de fusão ($82,4\text{ }^\circ\text{C}$).

Modelagem Física

O equipamento pode ser dividido em três partes: coletor solar, sistemas de serpentinas e recipiente de armazenamento do material de mudança de fase. A energia radiante oriunda dos raios solares será captada por um coletor solar aquecendo as paredes das serpentinas com conseqüente transferência de calor para água que circula em seu interior atuando como fluido de trabalho, que por sua vez armazenará esta energia na forma de calor sensível. Pela ação de uma bomba de baixa potência, o fluido de trabalho será conduzido até o interior do recipiente armazenador de Parafina, o qual será acoplado a tubulação de óleo como um anel, onde cederá o calor absorvido para a parafina fazendo com que esta entre lentamente em fusão à medida que armazena energia com conseqüente aumento de temperatura transferindo calor para a parede da tubulação. Pelo contato direto com a parede, a energia será conduzida até a superfície interna por onde escoo o óleo, ocasionando num gradiente de temperatura entre a superfície interna da tubulação e o óleo, ocorrendo então a troca térmica com conseqüente aumento de temperatura e redução da viscosidade. Deve-se observar que, graças à mudança de fase da parafina e o acúmulo de energia na forma de calor latente, pode-se prever que durante a noite, parcelas de calor latente seriam ainda utilizadas na redução da viscosidade do óleo.

Modelagem Matemática

Foram utilizadas as equações da teoria de transferência de calor e mecânica dos fluidos básicas para escoamento completamente desenvolvido considerando a temperatura superficial da tubulação de óleo constante, sendo que o recipiente armazenador de parafina possui todas as paredes adiabáticas. As propriedades termofísicas foram estimadas para a temperatura média do escoamento.

De posse dos valores das propriedades do óleo e demais dados envolvidos, o número de Reynolds pode ser calculado pela expressão (1):

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D_i \cdot \mu_m} \quad (1)$$

Se $\text{Re} < 2300$ o escoamento pode ser classificado como laminar, então $Nu = 3,66$. Do contrário, se $2300 < \text{Re} < 5 \times 10^6$ e $\text{Pr} < 2000$, a equação de Gnielinski (Incropera *et al.*, 1998), pode ser utilizada para se obter o número de Nusselt:

$$Nu = \frac{(f/8)(Re-1000)Pr}{1+12,7(f/8)^{1/2}(Pr^{2/3}-1)} \quad (2)$$

Mas, caso $2300 < Re < 5 \times 10^6$ e $Pr > 2000$, a equação utilizada por Sieder e Tate (Incropera *et al.*, 1998) é utilizada (3):

$$Nu = 0,027 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{sup}} \right)^{0,14} \quad (3)$$

Uma vez calculado o número de Nusselt, pode-se obter o coeficiente de convecção do óleo por (4):

$$h = \frac{Nu \cdot k_m}{D_i} \quad (4)$$

Finalmente de posse dos resultados anteriores pode-se calcular o comprimento necessário do recipiente de parafina, bastando utilizar a expressão (5)

$$L = \frac{(-\dot{m} \cdot c_p)}{(\pi \cdot D_i \cdot h)} \cdot \ln \left(\frac{T_{sup} - T_s}{T_{sup} - T_e} \right) \quad (5)$$

A perda de carga pode ser calculada utilizando a expressão (6)

$$\Delta P = \frac{f \cdot \rho \cdot U^2}{2 \cdot D_i} \cdot L \quad (6)$$

Resultados e Discussão

Foram realizados testes no algoritmo de análise considerando diâmetros de tubulação de 1", 2" e 3", elevações de temperatura variando de 2,5°C a 20°C, obtendo como resultado os respectivos comprimentos dos recipientes termo-acumuladores necessários e o comparativo das perdas de cargas obtidas para estes comprimentos com e sem o sistema. As Figs. 1 e 2 apresentam os gráficos obtidos como resultado da análise para o diâmetro de 2":

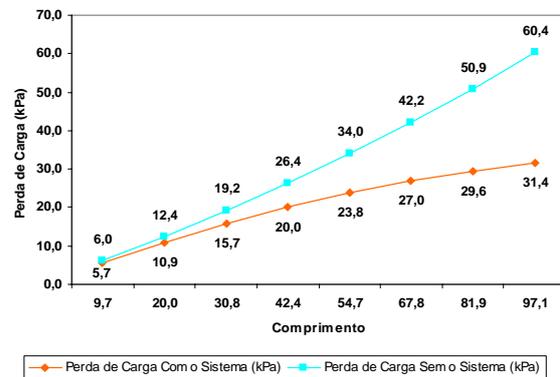
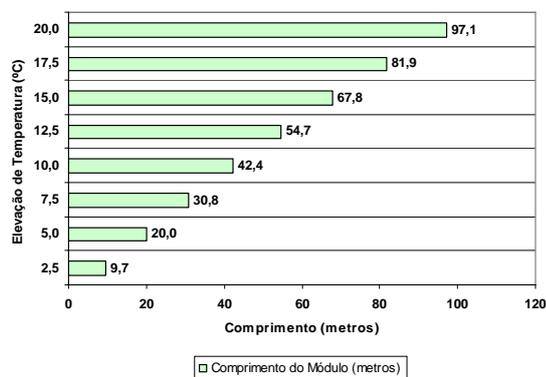


Figura 1 - Elevação de Temperatura x Comprimento

Figura 2 - Perda de Carga x Comprimento

Pode-se ver claramente a redução da perda de carga com a implantação do sistema (Fig. 2) e este ganho é mais representativo quanto maior for o comprimento do recipiente termo-acumulador (Fig.1), porém verifica-se que para se obter ganhos maiores são necessários grandes comprimentos de troca térmica.

Após análise quanto a natureza do escoamento, notou-se que quanto mais turbulento for o escoamento do óleo maior serão as trocas térmicas e menor será o comprimento necessário do recipiente, para que se obtenha a redução de viscosidade desejada.

Conclusão

Comprova-se que a solução proposta é perfeitamente viável, mas melhorias no processo de transferência de calor são necessárias para que o equipamento seja mais eficiente, e isto pode ser alcançado utilizando-se metodologias, materiais ou disposições físicas que proporcionem uma melhoria dos coeficientes de transferência de energia, como o aumento da turbulência, por exemplo.

Referências bibliográficas

Incropera, F. P., Dewitt, D., P., "Fundamentos de Transferência de Calor e Massa", 4ª Ed., pp. 229-249, 1998.

Cometta, E., "Energia Solar: Utilização e Empregos", 2004.