

Manual do Usuário

Régua de Cálculo para Vapor

Introdução

A **Régua de Cálculo de Vapor** tem por finalidade o dimensionamento de tubulações e a determinação de perdas de carga em instalações, tanto para vapor saturado como para vapor superaquecido. Permite determinar a perda de carga para acessórios (perdas localizadas), e dos valores constantes do vapor saturado para cada pressão determinada.

Ao analisar a régua você perceberá que a mesma está dividida em escalas para vapor saturado e vapor superaquecido, para facilitar a sua utilização. Para que o dimensionamento seja feito com elementos de mais fácil obtenção, no caso do vapor saturado utilize a relação existente entre o volume específico e a pressão. Para vapor superaquecido, onde o volume específico depende do grau de superaquecimento, é necessário calcular o volume específico para, em seguida, dimensionar a tubulação.

Fórmulas

As escalas da régua foram elaboradas a partir das seguintes fórmulas:

$$a) J = 0,029 \frac{Q^{1,95} \delta^{0,95}}{D^{5,1}}$$

Onde: J = Perda de carga (kgf/cm² 100 m)
Q = Vazão (kg/h)
δ = Volume específico (m³/kg)
D = Diâmetro (cm)

$$b) Q = 0,283 \frac{V \times D^2}{\delta}$$

Onde: Q = Vazão (kg/h)
V = Velocidade (m/s)
D = Diâmetro (cm)
δ = Volume específico (m³/kg)

$$c) \Delta\delta = 0,00514 \frac{T}{P}$$

Onde: Δδ = Acréscimo do volume específico do vapor saturado (m³/kg)
T = Grau de superaquecimento (°C) - (diferença de temperatura entre vapor superaquecido e saturado, à mesma pressão)
P = Pressão absoluta (kgf/cm²)

$$d) L = \frac{K \times D}{00 \times f}$$

Onde: L = Comprimento equivalente (m) para perdas localizadas
K = Coeficiente experimental para cada acidente (adimensional)
D = Diâmetro (cm)
f = Coeficiente de atrito adimensional (adotado ao valor médio = 0,023)

Face A

A utilização face A se faz através do conhecimento de três variáveis, a quarta é obtida de imediato.

Exemplo 1:

Uma linha de vapor saturado seco, à pressão absoluta de 10,0 kgf/cm² (pressão manométrica de 9,0 kgf/cm²) com uma extensão de 100 m transporta 10.000 kg/h de vapor. Pede-se a perda total e o diâmetro (schedule 40), sabendose que a velocidade média do vapor saturado é de 25 m/s.

Solução:

No conjunto de escalas para o vapor saturado alinhe 10,0 kgf/cm² na escala de pressão (P), externa, com 10.000 kg/h na escala de vazão (Q), interna. Pode-se agora, ler o valor do diâmetro que estiver alinhado com a velocidade desejada. Para o exemplo 1, tem-se um diâmetro de 6" para uma velocidade de 29 m/s, valor bem próximo da velocidade desejada.

Notas:

A escala de diâmetro está graduada em centímetro sendo ainda marcados dos diâmetros comerciais dos tubos Schedule 40 em polegadas, por ser esse tubo mais aplicado na distribuição de vapor às pressões usuais de trabalho.

Para calcular a perda de carga utiliza-se o conjunto de escalas B. Alinhando a pressão (P) de 10,0 kgf/cm² com vazão (Q) de 10.000 kg/h, obtém-se o valor da perda de carga (J) que estiver alinhado com o diâmetro (D) 6". Portanto, a perda de carga para uma tubulação com 100 m de comprimento será de 0,33 kgf/cm².

Temos que ressaltar que no vapor superaquecido, o processo é análogo ao acima descrito, utilizando-se porém os conjuntos de escalas D e C, respectivamente, onde a pressão absoluta (P) é substituída pelo volume específico (δ).

Evitar os diâmetros 1.1/4" e 5" devido a dificuldade de obtenção de conexões e tubulações.

Exemplo 2:

Deseja-se saber o diâmetro de um tubo schedule 40 e a velocidade do vapor superaquecido por ele transportado, sabendo-se que o comprimento da linha é de 100 m.

Vazão = 600 kg/h

Volume específico = 0,263 m³/kg

Perda de carga admissível = 0,50 kgf/cm

Solução:

No conjunto de escalas C (Face B) alinha específico (δ) 0,263 m³/kg com vazão (Q) 600,0 kg/h. Leia agora o diâmetro (D) alinhado com a perda de carga admissível. Obtendo um diâmetro de 2" m para uma perda de carga de 0,47 kgf/cm² que é bem próxima a desejada. Para cálculo da velocidade, utilize o conjunto de escalas D. Alinhe o volume específico (δ) 0,263 m³/kg com a vazão (Q) kg/h. Lendo, então, a velocidade alinhada com o diâmetro 2" tem-se uma velocidade de 20 m/s.

Face B

A **Face B** da régua apresenta 4 conjuntos de escalas, sendo E para o cálculo da variação do volume específico entre vapor saturado e superaquecido, de acordo com o grau de superaquecimento. F para a determinação de comprimentos equivalentes de acessórios e acidentes linha G e H para determinação dos valores constantes do vapor saturado para cada pressão.

Exemplo 3:

Achar o volume específico do vapor superaquecido para uma pressão absoluta de 10,0 kgf/cm² e uma temperatura de 300 °C.

Solução:

Utilizando o conjunto de escalas E alinha a pressão (P) 10 kg/m à seta. Lemos, então, em G a temperatura (T) do vapor 179°C e seu volume específico (δ) 0,2 m³/kg. Determine, então, o grau de superaquecimento. $\Delta T = 300 - 179 = 121^\circ\text{C}$. No conjunto de escalas E ainda com a pressão (P) alinhada à seta, leia o acréscimo ao volume específico ($\Delta\delta$) alinhado ao grau de superaquecimento calculado ($T = 121^\circ\text{C}$) obtendo 0,062 m³/kg. Somando esse acréscimo ao volume específico do vapor saturado (δ) obtendo-se o volume específico do vapor superaquecido (δ). Assim, tem-se $\delta = \delta' + \Delta\delta = 0,2 + 0,062 = 0,262 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Exemplo 4:

Pede-se o comprimento virtual de uma rede com 200,0 m de extensão, em tubo schedule 40 e diâmetro 8", contendo 3 curvas de 90°, raio longo e uma válvula globo.

Solução:

Utilizando-se o conjunto de escalas F alinhe o diâmetro da tubulação (D) 8" sob a seta. Leia, então, o comprimento equivalente a cada acidente, alinhado à respectiva linha de chamada traçada dos desenhos esquemáticos.

Assim, tem-se: Curva 90° raio longo = 3,1 m

Válvula Globo = 86,0 m

Somando-se os comprimentos equivalentes dos acidentes ao comprimento real da tubulação obtém-se o comprimento virtual da tubulação.

Assim, tem-se: Comprimento = 200,00

3 Curvas 90° = 9,30

1 Válvula Globo = 86,00

Comprimento equivalente = 295,30 m

Exemplo 5:

Pede-se a temperatura, volume específico, calor sensível e calor latente do vapor saturado à pressão absoluta de 10 kgf/cm².

Solução: Alinhando a pressão (P) 10 kgf/cm² com a seta, no conjunto de escalas E, e lendo as setas em G e H, obtém-se:

Temperatura = 179 °C

Calor sensível = 181 kcal/kg

Vol. específico = 0,2 m³/kg

Calor latente = 482 kcal/kg

Conclusão

Com os exemplos acima procuramos mostrar o funcionamento de cada conjunto de escalas, isoladamente. Evitando cálculos mais complexos, em que se utilizaria os vários conjuntos de escalas.

Como exemplo podemos citar o dimensionamento de uma linha de vapor superaquecido, considerando perdas localizadas e admitindo um limite para perdas ou velocidades. Pode-se resolver esse problema conhecendo o trajeto, acidente, extensão, pressão, temperatura e vazão, calculando inicialmente, o volume específico conforme exemplo 3, o diâmetro, conforme exemplo 1 ou 2, e as perdas localizadas, conforme exemplo 4.

Podemos ainda, solucionar outros problemas, diferentes dos exemplos citados, que a prática mostrará de imediato.