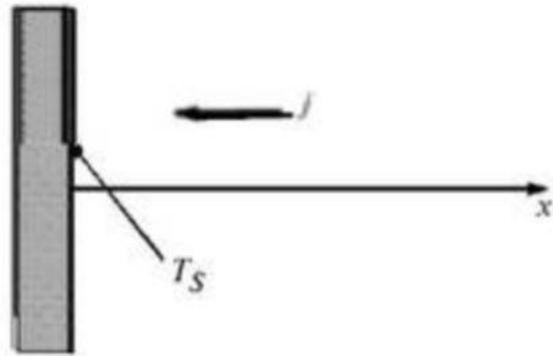


Вариант №2

На межфазную поверхность, поддерживаемую при постоянной температуре $T_i = 36 \text{ K}$, натекает поток газообразного азота, имеющий температуру $T_\infty = 200 \text{ K}$ со скоростью, соответствующей числу Маха $M_\infty = 0.51$, в режиме одномерной стационарной десублимации. Каково давление пара P_∞ , если коэффициент конденсации $\beta = 0.9$? Зависимость давления насыщения азота $p_{нас}(T_i)$ от температуры межфазной поверхности T_i определяется следующим выражением:

$$p_{нас}(T_i) = 10^{\left[\frac{385.0}{T_i} + 10.3 \right]},$$

в которое T_i подставляется в K , а результат получается в Па.



Дано

$$T_s = 36\text{K} \quad R = 296,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

$$T_\infty = 200\text{K}$$

$$M_\infty = 0,51$$

$$\beta = 0,9$$

ρ_∞ - ?

Решение

$$\left\{ \begin{aligned} j_{\text{конв}} &= 1,67 \frac{p_\infty - p_s}{\sqrt{2\pi RT_\infty}} \left\{ 1 + 0,51 \ln \left(\frac{p_\infty}{p_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_\infty}} \right) \right\} \\ j_{\text{конв}} &= \rho_\infty u_\infty \quad (*) \end{aligned} \right.$$

$$M_\infty = \frac{u_\infty}{a_\infty} = \frac{u_\infty}{\sqrt{\frac{7}{5} RT_\infty}}$$

Звукоскорости
для данного газа

$$u_\infty = M_\infty \sqrt{\frac{7}{5} RT_\infty} \quad (**)$$

Подставим (**) в (*) получим $j_{\text{конв}} = \rho_\infty M_\infty \sqrt{\frac{7}{5} RT_\infty}$

$$1,67 \frac{p_\infty - p_s}{\sqrt{2\pi RT_\infty}} \left\{ 1 + 0,51 \ln \left(\frac{p_\infty}{p_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_\infty}} \right) \right\} = \rho_\infty M_\infty \sqrt{\frac{7}{5} RT_\infty}$$

1.07 $\gamma_{\text{жидк}} /$

$$\text{Итого в условии } p_s(T_s) = 10^{\left(\frac{385}{T_s} + 10,3\right)} \Rightarrow \underline{p_s = 0,4 \text{ Па}}$$

$$\frac{T_s}{T_x} = 0,18, \quad \rho_x = \frac{p_x}{RT_x}$$

$$1,67 \frac{p_x - p_s}{\sqrt{2\pi RT_x}} \left\{ 1 + 0,51 \ln \left| \frac{p_x}{p_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_x}} \right| \right\} = \frac{p_x}{RT_x} \sqrt{\frac{\gamma}{5} R T_x} \cdot M_0 (\dots)$$

Нужно выразить p_x

$$\left(\frac{1,67 p_x}{\sqrt{2\pi} \sqrt{RT_x}} - \frac{p_s \cdot 1,67}{\sqrt{2\pi} \sqrt{RT_x}} \right) \left\{ 1 + 0,51 \ln \left| \frac{p_x}{p_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_x}} \right| \right\} = \frac{p_x}{\sqrt{RT_x}} \sqrt{\frac{\gamma}{5}}$$

$$\frac{1,67 (p_x - p_s)}{\sqrt{2\pi} \sqrt{RT_x}} \left\{ 1 + 0,51 \ln \left| \frac{p_x}{p_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_x}} \right| \right\} = \frac{p_x}{\sqrt{RT_x}} \sqrt{\frac{\gamma}{5}} \cdot M_0$$

$$(0,67 p_x - 0,268) \left\{ 1 + 0,51 \ln p_x \right\} = p_x \cdot 1,18 \cdot 0,51$$

Вывод: в результате полученного выражения, можно определить p^∞ методом подбора

Подбором возьмем $p^\infty = 1.6$ Па

$$p := 1.6 \text{ Па}$$
$$(0.67 \cdot p - 0.267) \cdot (1 + 0.51 \cdot \ln(1.006 \cdot p)) = 1 \quad p \cdot 1.18 \cdot 0.51 = 0.963$$

Отличие в полученных значениях можно уменьшить, подобрав меньшее значение p^∞

Возьмем $p^\infty = 1.522$ Па

$$p := 1.522 \text{ Па}$$
$$(0.67 \cdot p - 0.267) \cdot (1 + 0.51 \cdot \ln(1.006 \cdot p)) = 0.916$$
$$p \cdot 1.18 \cdot 0.51 = 0.916$$

Таким образом, методом подбора мы получили, что $p^\infty = 1.522$ Па