

По показаниям психрометра состояние влажного воздуха при барометрическом давлении $B := 745 \text{ mmHg}$ определяется температурами: $t_M := 15 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_c := 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Рассчитайте значения влагосодержания d , относительной влажности ϕ , энтальпии h (кДж/кг с.в), а также температуру точки росы t_p .

Найдем давление насыщения с помощью CoolProp:

$$p_s(t_M) := \text{CoolProp_Props}("P", "T", t_M, "Q", 1, "water") = 1.7058 \text{ kPa}$$

и

$$p_s(t_c) := \text{CoolProp_Props}("P", "T", t_c, "Q", 1, "Water") = 2.3393 \text{ kPa}$$

Парциальное давление водяного пара вычислим по психрометрической формуле (6.17), приняв $A := 0.7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$$p_\pi := p_s(t_M) - A \cdot B \cdot (t_c - t_M) = 1.3582 \text{ kPa}$$

Используя соотношение (6.6), рассчитаем влагосодержание влажного воздуха

$$d := 622 \frac{\text{g}}{\text{кг с.в.}} \cdot \frac{p_\pi}{B - p_\pi} = 8.623 \frac{\text{g}}{\text{кг с.в.}}$$

Относительную влажность воздуха определим по формуле (6.4а), где значения удельных объемов могут быть найдены с помощью CoolProp

$$v_{\pi, \max} := \text{CoolProp_Props}("D", "P", p_s(t_c), "Q", 1, "Water")^{-1} = 57.757 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_\pi := \text{CoolProp_Props}("D", "P", p_\pi, "Q", 1, "Water")^{-1} = 96.638 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\phi_v := \frac{v_{\pi, \max}}{v_\pi} = 59.766 \%$$

Для сравнения рассчитаем эту же величину по соотношению (6.5)

$$\phi_p := \frac{p_\pi}{p_s(t_c)} = 58.058 \%$$

Эти числа свидетельствуют о том, что соотношение (6.5) является хорошим приближением.

Энтальпию компонентов влажного воздуха принято отсчитывать от температуры $t_0 := 0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$h_{tc} := \text{CoolProp_Props}("H", "T", t_c, "P", p_s(t_c), "Air") = 419.64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{t0} := \text{CoolProp_Props}("H", "T", t_0, "P", p_s(t_c), "Air") = 399.56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

В этом случае энтальпия сухого воздуха $h_{с.в}$ будет равна: $h_{с.в} := h_{tc} - h_{t0} = 20.082 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Для перегретого водяного пара при $t_c = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $p_\pi = 1.3582 \text{ kPa}$

$$h_\pi := \text{CoolProp_Props}("H", "T", t_c, "P", p_\pi, "Water") = 2538 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Тогда вычисленная по формуле (6.11) энтальпия влажного воздуха равна:

$$h_{вл.в} := h_{с.в} + h_\pi \cdot 8.62 \cdot 10^{-3} = 41.959 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Расчитаем точку росы с помощью CoolProp:

$$t_p := \text{CoolProp_Props}("T", "P", p_\pi, "Q", 0, "Water") = 11.51 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Ответ: } d = 8.623 \frac{\text{g}}{\text{кг с.в.}} \quad h_{вл.в} = 41.959 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \phi_p = 58.058 \% \quad t_p = 11.51 \text{ }^\circ\text{C}$$

Определим все значения полностью через библиотеку влажного воздуха CoolProp_HAProps вместо CoolProp_Props.

$B := 745 \text{ mmHg}$

$t_m := 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_c := 20 \text{ }^\circ\text{C}$

"Twb" - Wet-bulb temperature (температура мокрого термометра)

"R" - Отн. влажность "H" - Уд. энтальпия сухого воздуха

"Tdp" - Dew-point temperature (температура точки росы)

Влагосодержание:

$$d := \text{CoolProp_HAProps}("W", "P", B, "Twb", t_m, "T", t_c) = 8.8367 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$$

Относительная влажность:

$$\varphi := \text{CoolProp_HAProps}("R", "P", B, "Twb", t_m, "T", t_c) = 59.2401 \%$$

Удельная энтальпия сухого воздуха:

$$h := \text{CoolProp_HAProps}("H", "P", B, "Twb", t_m, "T", t_c) = 42.5416 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Температура точки росы:

$$tp := \text{CoolProp_HAProps}("Tdp", "P", B, "Twb", t_m, "T", t_c) = 11.8161 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ответ: $d = 8.8367 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$ $h = 42.542 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ $\varphi = 59.24 \%$ $tp = 11.816 \text{ }^\circ\text{C}$

Создал Е.А. Шелгинский