

$$p_1 := 5 \text{ МПа}$$

$$n := 7$$

Водяной пар с начальным давлением  $p_1 := 5 \text{ МПа}$  сжимается при постоянной температуре  $T := 310 \text{ }^\circ\text{C}$  до объема в 7 раз меньшего первоначального. Определить изменение его удельной внутренней энергии, затраченную удельную работу и количество удельной теплоты.

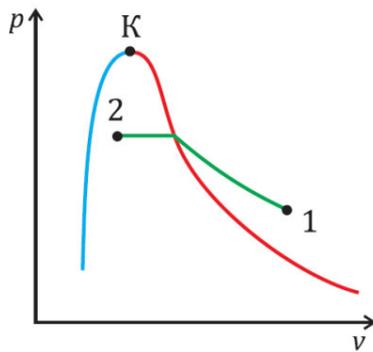


Рис. 5.36. К примеру 5.4

С помощью CoolProp найдём что

$$T_{\text{нас}} := \text{CoolProp_Props} ("T", "P", p_1, "Q", 0, "Water") = 263.94 \text{ }^\circ\text{C}$$

Следовательно, в первом состоянии пар перегретый.

С помощью CoolProp рассчитаем необходимые нам значения для перегретога пара

$$v_1 := \text{CoolProp_Props} ("D", "T", T, "P", p_1, "Water")^{-1} = 0.046766 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$h_1 := \text{CoolProp_Props} ("H", "T", T, "P", p_1, "Water") = 2956.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_1 := \text{CoolProp_Props} ("S", "P", p_1, "H", h_1, "Water") = 6.2646 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Найдем конечный объем пара

$$v_2 := \frac{v_1}{n} = 0.0066809 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Для определения состояния пара в конечной точке процесса сравним  $v_2$  с  $v'_2$  и  $v''_2$  при  $T = 310 \text{ }^\circ\text{C}$

$$v'_2 := \text{CoolProp_Props} ("D", "T", T, "Q", 0, "Water")^{-1} = 0.0014479 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$v''_2 := \text{CoolProp_Props} ("D", "T", T, "Q", 1, "Water")^{-1} = 0.018335 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$v'_2 < v_2 < 1$$

$$v_2 < v''_2 = 1$$

Следовательно, пар влажный.

Найдём необходимые значения его свойств на пограничных линиях

$$p_2 := \text{CoolProp_Props} ("P", "T", T, "Q", 1, "Water") = 9.8651 \text{ МПа}$$

$$h'_2 := \text{CoolProp_Props} ("H", "P", p_2, "Q", 0, "Water") = 1402.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h''_2 := \text{CoolProp_Props} ("H", "P", p_2, "Q", 1, "Water") = 2727.9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s'_2 := \text{CoolProp_Props} ("S", "P", p_2, "Q", 0, "Water") = 3.351 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$s''_2 := \text{CoolProp_Props} ("S", "P", p_2, "Q", 1, "Water") = 5.6244 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

и рассчитываем степень сухости

$$x_2 := \frac{v_2 - v'_2}{v''_2 - v'_2} = 0.31$$

Зная эту величину, можно вычислить другие свойства:

$$h_2 := (1 - x_2) \cdot h'_2 + x_2 \cdot h''_2 = 1813 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_2 := (1 - x_2) \cdot s'_2 + x_2 \cdot s''_2 = 4.0555 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Изменение внутренней энергии пара в процессе определим как

$$\Delta u := (h_2 - h_1) - (p_2 \cdot v_2 - p_1 \cdot v_1) = -975.67 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

а теплоту, отведенную в процессе, рассчитаем по (2.11)

$$q := T \cdot (s_2 - s_1) = -1288.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Тогда затраченная работа сжатия определится по первому закону

$$l := q - \Delta u = -312.57 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$